PRINCIPIOS ELEMENTALES

DE

FISICA

EXPERIMENTAL Y APLICADA

Por PEDRO P. ORTIZ

Laura W. Hodges

PRINCIPIOS ELEMENTALES

DE

FISICA

EXPERIMENTAL Y APLICADA,

INCLUSO

LA METEOROLOGÍA Y LA CLIMATOLOGÍA,

PARA

EL USO DE LOS COLEGIOS, ESCUELAS SUPERIORES Y LICEOS HISPANO-AMERICANOS, Y DE LAS PERSONAS ESTUDIOSAS.

CONTENIENDO TODOS LOS

ULTIMOS DESCUBRIMIENTOS Y APLICACIONES RECIENTES A LA INDUSTRIA, ARTES, ETC., Y A LOS USOS Y OBJETOS DE LA VIDA COMUN.

Y UNA NUMEROSA COLECCION DE

GRABADOS EXPLICATIVOS E INTERESANTES, INTERCALADOS EN EL TEXTO.

NUEVA EDICION REVISADA Y CORREJIDA.

POR PEDRO P. ORTIZ,

MIEMBRO CORRESPONSAL EN LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

NUEVA YORK
D. APPLETON Y COMPAÑÍA
1, 3 Y 5 BOND STREET
1889

ADVERTENCIA.

Un Manual de Fisica, escrito con sencillez y método, para el uso de los Colejios y Liceos de Sud-América, era una necesidad tan obvia y generalmente sentida, que el mero anuncio de esta obra ha bastado para que sea ya solicitada de varias partes. Todos los viajeros ilustrados se han apercibido al instante del vacío o imperfeccion que existe en los estudios físicos, aun en aquellas Repúblicas de Sud-América que mas progreso han hecho en la educacion y enseñanza pública. La falta de una direccion práctica y definida, ha sido la tacha demasiado justamente imputada a nuestro sistema educacional; y la tendencia casi esclusiva de la juventud hispano-americana por las abstracciones políticas y filosóficas, ha sido reconocida como un mal grave y de serias consecuencias. Y esto continuará siendo asi, miéntras no se llame desde temprano su atencion acia la importancia, utilidad y bellezas que encierra el estudio de las leyes naturales, y a las diversas vocaciones y extenso campo que abre a las aspiraciones de un espíritu estudioso.

De todos los ramos del saber humano, la Física puede llamarse con toda propiedad y verdad la *ciencia progresiva y práctica por excelencia del siglo.* Ninguna otra ha prestado un contingente mas copioso, ni servicios mas importantes a la industria, a las artes y al bienestar general de la humanidad. Ni podia ser de otro modo, desde que va tan estrechamente ligada con todas las relaciones, necesidades y fines comunes de la vida; y mas bien que de ninguna otra ciencia se puede decir de la Física, que está completamente identificada con la sociedad moderna. Sin decir nada del telégrafo, el vapor, la electrotipia etc., que han dado alas, en cierto modo, a la civilizacion y al progreso, ¿qué industria o arte, por humilde que sea, no debe algo a los adelantos físicos? No es menos cierta la influencia decidida que ejerce sobre el espíritu, imprimiéndole una marcha mas firme y certera. En la anarquía intelectual que caracteriza nuestra época, es sin duda mas breve y seguro el camino de aquel que marcha con unas pocas y bien formadas reglas, a la manera de las que enseña la naturaleza, que él de aquel que anda envuelto en un laberinto de sistemas encontrados. Por eso un hábil y brillante escritor en la Revista de Westminster (Westminster Review), la primera publicacion de su clase que se conozca, sostenia con cierta apariencia de verdad, que la educacion superior moderna debiera estar reducida a los meros estudios matemáticos y físicos, porque son las únicas ciencias que su-

ministran al entendimiento alguna guia cierta y positiva; y como tales, son tambien las únicas que se pueden llamar progresivas y conformes a las necesidades y fines de la civilizacion actual.

Es ya avanzar mucho el decir tanto como esto, en favor de un estudio de tan palpable utilidad y ventajas. No es decir, por esto, que se haya acometido en esta obrita un servicio o contribucion importante a esta útil y bella ciencia, de que uno pueda vanagloriarse. El poco mérito que contenga, no puede cifrarse sino en la sencillez, claridad y método que se haya logrado dar a la exposicion de una ciencia tan vasta, no siendo la menor parte de la tarea el circunscribirla a ciertos límites. Es claro, que he seguido para esto el método generalmente adoptado en las escuelas inglesas y norte-americanas; habiéndome servido de guia principalmente el texto de un tratado popular de Mr. Quackenbos. La primera idea habia sido hacer una traduccion fiel de este libro; pero pronto me percibí de la necesidad de darle mas ensanche, hasta separarme al fin del todo de su plan. Durante esta tarea he consultado constantemente los Tratados de Despretz, Pouillet, Arnott, Ganot y Silliman, principalmente los de estos dos últimos. En la parte relativa al Calórico, la Electricidad y Magnetismo, el excelente Manual del distinguido Profesor Silliman, de la Universidad de Yale, el mejor con mucho de los tratados de su clase que hayan llegado a mis manos, me ha sido de una ayuda inestimable. Pero me habria sido mui difícil, sino totalmente imposible, llevar a cabo este trabajo sin el auxilio incesante de mi estimado amigo, el Sr. Alejandro I. Cotheal, a cuyos conocimientos y esperiencia práctica debo, no solo multitud de sujestiones útiles y correcciones importantes en el texto, durante su impresion, sino que, gracias a su erudicion y estraño conocimiento de nuestro idioma, he podido acertar con la traduccion española de muchos términos técnicos, que en vano uno busca en todos los diccionarios de la Lengua Castellana. Cito con placer la colaboracion de este buen amigo, con tanta mas razon, cuanto que su modestia permite se dejen ignorados sus extensos conocimientos prácticos en la Física y la Geografía, y mucho mas sus estudios filológicos y de idiomas adquiridos a tanta costa y experiencia.

En cuanto a la propiedad de estudiar la Física sin amplias demostraciones matemáticas, es asunto en que puede haber diversidad de opiniones; pero en esto el autor o compilador de este tratado no ha hecho mas que seguir la práctica adoptada en casi todas las Escuelas Superiores, Liceos y Colejios de los Estados Unidos, a cuyos modelos ha habido por necesidad que remitirse. ¿Y quién, conociendo sus frutos, podrá negar la ventaja de este sistema? El injeniero o estudiante científico necesita precisamente ceñirse a la base matemática, ¿mas ha de ser por esto la Física una ciencia vedada para todos los que no profesan las Matemáticas, ni se proponen seguir carrera alguna con relacion a ella? Franklin no necesitó ser gran matemático para hacer sus grandes descubrimientos; y es un hecho curioso, que consta de los anales modernos, que casi todos los descubrimientos recientes en la industria y artes mecánicas, han sido realizados por individuos que no conocian de la Física o Química mas que los principios aplicables a su ramo o estudio especial. Morse, el inventor del Telégrafo Magneto-eléctrico, Froment, que ideó la máquina electro-magnética, Farmer, que inventó un aparato electro-magnético

de alarma, y mucbos otros nombres, que se ballarán mencionados en el curso de este tratado, no fueron propiamente hombres cientificos. En efecto, el beneficio de los libros educacionales consiste, sobre todo, fuera de los conocimientos generales que imparten, en que sirven para dispertar el genio y habilidad especial de cada cual, prestándole los rudimentos, que son como la primera grada en la escala de ascenso para la inclinacion e inteligencia individual.

Pero bai un punto en esta obra, a qne se me permitirá aludir con toda confianza. Me refiero a la multitud de observaciones y aplicaciones de los principios de la Fisica a las cosas y objetos de la vida ordinaria, que se hallarán esparcidas en todo su curso. Se ha puesto, a este fin, todo el esmero posible para colectar nna gran variedad de becbos, que sirviesen a dar a este tratado el carácter de un libro eminentemente práctico y útil. Con esta misma mira, sc ha dado mas desarrollo, que el de costumbre, a la Mecánica, a la Máquina de Vapor, y todo lo que tiene relacion a ella. En el tratado sobre la Electricidad y sus varios ramos, me be forzado por abrazar todos los descubrimientos y aplicaciones mas recientes; no habiendo tenido que sentir mas que el poco espacio a mi disposicion, para dilucidar algunos puntos y dar a conocer los inventos y aparatos curiosos y útiles, con que se está enriqueciendo cada dia esta importantísima parte de la Fisica.

Tambien he procurado indicar siempre los nombres y aun algunas particularidades biográficas de los mas distinguidos profesores e inventores de la ciencia; porque es bien sabido, qne una fecba o un suceso suele prender mas durablemente en la memoria del estudiante, que los principios mismos con que están relacionados, y a los que sirven como de faros o mijeros en un largo camino.—Muchas veces se ba empleado así mismo mas de un nombre para cada cosa, a fin de que se la distinga mejor, variando comnnmente la expresion española correspondiente con cada localidad.

Se notará talvez algnna falta de correccion y poca uniformidad en la ortografía del texto, lo que, por varias circunstancias, no ba sido posible evitar; mas estas se irán corrigiendo poco a poco en ediciones sucesivas, si este libro merece la aceptacion del público.

Nueva York, Julio de 1860.

TABLA.

FÍSICA.

CAPÍTULO I.

LA MATERIA Y SUS FORMAS.

1. *Materia.*—Se llama *materia* o *sustancia* todo lo que está sujeto inmediatamente a nuestros sentidos. Todo lo creado es materia. La tierra, la luz, el calòr, son diferentes formas de la materia.

2. *Especies de materia.*—La materia es ponderable o imponderable. La primera tiene peso, como la tierra y el aire. Toda cantidad distinta y limitada de materia ponderable, se llama *cuerpo.*

Materia imponderable es la que no tiene peso, como la luz y el calor. A las diversas clases de materia imponderable se da el nombre de *agentes físicos.*

Como causas de los fenómenos que presentan los cuerpos, se admite la existencia de agentes físicos o fuerzas naturales, como la atraccion universal, el calórico, la luz, el magnetismo y la electricidad. Conocemos solo estos agentes por sus efectos, y los físicos disputan si son propiedades de la materia, o materias sutiles e impalpables difundidas por la naturaleza; y si en este último caso son materias distintas, o provienen de uu solo orígen.

Mencionamos la palabra *fenómeno* y conviene esplicar lo que significa en la Física. Todo cambio en el estado de un cuerpo sin alterar su composicion, es uu *fenómeno físico.* Tal es la caida de un cuerpo, la produccion de uu sonido, etc.

---

1. Qué es materia? 2. Cuantas clases hai de materia? Qué es materia ponderable? Qué es un cuerpo? Qué es materia imponderable? Qué son agentes físicos?

3. *Formas de la materia ponderable.*—La materia ponderable existe en una de estas tres formas o estados: sólida, líquida o aérea.

Un cuerpo está en su estado sólido, cuando sus partículas o moléculas se adhieren de tal manera unas a otras, que no pueden moverse entre si. Estos se llaman *sólidos.*

Se llaman líquidos los cuerpos cuyas moléculas no se adhieren ni repelen, moviéndose libremente entre si.

Es aéreo (o gaseoso) el cuerpo cuyas moléculas se repelen unas a otras, tendiendo a separarse o esparcirse indefinidamente: como el vapor. Los cuerpos aéreos son los *gases* y *vapores.*—Los cuerpos líquidos y aéreos estan comprendidos bajo la palabra *flúidos.*

Hai diferencias notables entre los sólidos y los liquidos. El sólido tiene figura propia y permanente, mientras el flúido toma la de aquel en que está contenido. Un sólido puede a menudo moverse, moviendo una parte de sus moléculas: como una jarra por su asidero. Al contrario, las moléculas del flúido no se juntan, y por eso cuando movemos algunas de ellas el resto se desprende por su propio peso: sumerjiendo un vaso en un cubo de agua, no sacamos todo el flúido, sino solo lo que el vaso puede contener. A mas, un sólido resiste cualquiera fuerza que trate de penetrarlo. Por la inversa, el flúido se separa fácilmente; y así no sentimos resistencia alguna al pasearnos al aire.

Una misma sustancia puede encontrarse en sus tres estados diversos. El agua es un líquido; helada, se convierte en hielo, que es un sólido; espuesta a un cierto grado de calor, se hace vapor, que es aéreo.

4. *Clases de cuerpos.*—Los cuerpos son *simples* y *compuestos.*

El cuerpo simple es el que no contiene mas que una sola especie o elemento; como el oro.

Cuerpo compuesto es el que puede descomponerse en dos o mas elementos; como el aire, que se compone de dos gases.

Los cuerpos simples o *elementos*, que entran en la composicion de todo lo

---

3. Qué formas tiene la materia ponderable? Qué son cuerpos sólidos? Cuales líquidos? Cuales aéreos? Qué nombre se da a estos últimos? Qué cuerpos estan comprendidos bajo la palabra flúidos? Señalad algunas de las diferencias entre sólidos y flúidos? Bajo cuantas formas puede aparecer una sola sustancia? 4. Cuantas clases hai de cuerpos? Qué es cuerpo simple? Qué compuesto? Cuantos son los cuerpos

que existe y hasta ahora descubiertos, son sesenta y dos; pero es probable que con el tiempo se descubra otras de estas sustancias elementares, o que aun este número desminuya. Cincuenta de estos son llamados metales, por su lustre peculiar. Los doce restantes son conocidos como elementos no-metálicos.

Los principales metales son los siete conocidos de los antiguos: el oro, la plata, el hierro, el cobre, el mercurio, el plomo y el estaño; el antimonio que fué descubierto en 1490; el bismuto, el zinc, el arsénico, el cobalto, el platino, el níquel, el magnesio, etc. Los doce elementos no-metálicos son el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno o ázoe, el cloro, el iodo, el bromo, el flúor, el selenio, el azufre, el fósforo, el carbono y el boro.

Mui rara vez se encuentra separadas estas sustancias simples; casi todo lo que cae bajo nuestros sentidos, ya sea natural o artificial, es una mezcla de dos o mas elementos, y pertenece a la clase de compuestos. Tal es el caso con el aire, que antiguamente se consideraba una sustancia simple, hasta que a fines del siglo 18 vino a probarse consistia de 21 partes de oxígeno y 79 de nitrógeno. El agua tambien ha resultado ser una sustancia compuesta de oxígeno e hidrógeno en la proporcion de 1 a 8. De los 62 elementos enumerados, 20 son tan raros que sus propiedades no han sido bien averiguadas; 30 son comparativamente escasos; y el resto constituye la gran masa del globo y de todo lo que en él existe.

El estudio de las sustancias simples, sus propiedades y combinaciones, corresponde a la QUÍMICA. La fuerza que las hace combinarse y formar sustancias compuestas, se llama *afinidad química*. El oxígeno y el hidrógeno, v. g., se combinan y forman el agua, en virtud de sus afinidades químicas.

La afinidad química existe solo entre ciertas sustancias. Si se echa ácido sulfúrico en un trozo de mármol, las dos sustancias se combinarán y formarán un compuesto totalmente diferente. Al reves, echad ácido en un pedazo de oro, y no ocurrirá cambio alguno, porque no hai afinidad química entre estos.

5. *Física.*—Física es la ciencia que trata de las leyes y propiedades de la materia inorgánica.

Quizá seria mas exacto, aunque no tan claro, decir que la Física trata de los fenómenos de los cuerpos, mientras estos no sufren descomposicion alguna. La química, al contrario, estudia los fenómenos que mas o ménos modifican la naturaleza de los cuerpos.—De todos modos, es difícil fijar los límites de una y otra ciencia.

---

simples? Cómo se clasifican? Enumerad los principales metálicos. Enumerad los no-metálicos. Qué se observa de las sustancias simples? De qué se compone el aire y el agua? En qué proporcion se encuentran estos elementos en el globo? Qué es Química? Qué es afinidad química? La afinidad química existe entre todas las sustancias? 5. Qué es Física? En qué se diferencia de la Química?

6. *Métodos de investigacion.*—Hai dos maneras de obtener los hechos relativos a la Física: por la observacion y el experimento. La observacion consiste en espiar todos aquellos fenómenos o apariencias, que ocurren en el órden natural de las cosas. El experimento consiste en hacer que estos fenómenos ocurran cuando y donde lo deseamos, a fin de notar las circunstancias de que van acompañados.

Por ejemplo, sabemos el hecho de que un cuerpo sin apoyo descenderá a tierra, cuando vemos caer una manzana del árbol: esto es por observacion. Aprendemos el mismo hecho, cuando a fin de averiguar lo que sucederá, dejamos caer de la mano una manzana: esto es por experimento.

7. *Métodos de razonamiento.*—Habiendo obtenido y clasificado los hechos de los dos modos ántes indicados, procedemos en seguida a deducir leyes generales de casos particulares. Esto se llama razonar por *induccion.*

De este modo, si hacemos el experimento con muchas manzanas diferentes, y hallamos que cada una de ellas largada caerá al suelo, sentamos la lei general que *todas las manzanas* caerán de la misma manera. Si descubrimos que esto no sucede solo con las manzanas, sino con todos los objetos con que lo experimentamos igualmente, avanzamos un paso mas adelante y proclamamos otra lei, a saber: que *todos los objetos* sin apoyo caerán al suelo.

Este sistema es el que nos ha dado la mayor parte de las leyes y principios establecidos en Física. Arquímides, el filósofo siciliano, lo empleó mas de dos mil años ha. Galileo lo practicó de nuevo mas tarde; y puede decirse que formó la base de todos los grandes descubrimientos de Newton.

Cuando observamos dos fenómenos parecidos y conocemos que el uno procede de una causa cierta, atribuimos el otro a la misma causa. Esto se llama razonar por *analogía.*

Se emplea este razonamiento en el caso de aquellos cuerpos fuera de nuestro alcance. Por lo que está cerca, sacamos deducciones respecto de lo que está remoto. Así es como, por ejemplo, el astrónomo explica los movimientos de los cuerpos celestes, aplicándoles por un razonamiento análogo los mismos principios que gobiernan el movimiento de los cuerpos terrestres.

8. *Division de la Física.*—Abrazando la Física el estudio de la materia inorgánica en todas sus formas, com-

---

6. Cuales son los modos de investigar las leyes físicas? Qué es observacion? y qué experimento? Ejemplo de ambos. 7. Qué métodos hai de razonar? Qué es induccion? Qué filósofos la emplearon? Qué es razonamiento por analogía? 8. Qué

prende las siguientes ciencias de que damos aquí una idea general:—

La *Mecánica*, que trata de la fuerza y de su aplicacion a las máquinas. A la Mecánica pertenecen—

La *Hidrostática*, que trata de los líquidos en reposo;

La *Hidráulica*, que trata de los líquidos en movimiento.

La *Neumática*, que trata de los gases y vapores.

La *Pironomía*, que trata del calor y del fuego.

La *Óptica*, que trata de la luz y la vista.

La *Acústica*, que trata de los sonidos.

La *Electricidad*, que trata del flúido eléctrico. A la Electricidad pertenecen—

El *Galvanismo*, que trata de la electricidad producida por la accion química;

El *Magneto-electricidad*, que trata de la electricidad desarrollada por el magnetismo;

El *Termo-electricidad*, que trata de la electricidad desarrollada por el calor.

El *Magnetismo*, que trata del iman y la fuerza que produce. Al magnetismo pertenece—

El *Electro-magnetismo*, que trata del magnetismo desarrollado por la electricidad.

La *Astronomía*, que trata de los cuerpos celestes.

La *Meteorología*, que trata de los fenómenos de la atmósfera.

---

ramos abraza la Física? De qué trata la Mecánica? Qué la Hidrostatica? la Hidráulica? la Neumática? la Pironomía? la Optica? la Acústica? Electricidad? Galvanismo? Magneto-electricidad? Termo-electricidad? Magnetismo? Electro-magnetismo? Astronomía? Meteorologia?

CAPÍTULO II.

PROPIEDADES DE LA MATERIA.

9. Se llama *propiedades* de la materia, o de los cuerpos, sus diversas maneras de presentarse a nuestros sentidos. Algunas de estas son comunes a todos los cuerpos, bajo cualquiera forma que se les considere; y se llaman por esto propiedades *generales* de la materia. Tales son la extension, figura, impenetrabilidad, indestructibilidad, inercia, divisibilidad, porosidad, compresibilidad, expansibilidad, movilidad y atraccion.

Propiedades *particulares* son las que no se observan sino en ciertos cuerpos, o en cierto estado de los cuerpos. Asi se considera la cohesion, adhesion, dureza, tenacidad, elasticidad, fragilidad, maleabilidad, ductilidad y otras.

Vamos a tratar de ellas por separado.

10. Extension.—Extension es la propiedad que tiene todo cuerpo de ocupar una porcion limitada del espacio. La porcion de espacio asi ocupada se llama su *lugar*.

En otras palabras, todo cuerpo por pequeño que sea, debe tener tamaño, o cierta largura, ancho y grosor, lo que se denomina sus dimensiones. Largura es su distancia de un estremo a otro; anchura su distancia de costado a costado; y espesura la distancia de la cima al fondo. Empleamos la palabra *altura* en vez de espesor, en el caso de objetos que sobresalen a nosotros, y *profundidad* para los que estan debajo de nosotros. Asi decimos la altura de una torre o montaña y la profundidad de un pozo o rio.

11. Figura.—Figura es aquella propiedad de un cuerpo para tener una forma determinada.

Esta propiedad es nna consecuencia necesaria de la extension; pues si todos los cuerpos han de tener largura, anchura y espesor, se sigue que deben tener tambien una forma definida. Debe tenerse presente con todo que la forma de los sólidos es permanente, mientras la de los fluidos varía, para

9. Qué son propiedades do la materia? Cuales las generales y su número? Definid y enumerad algunas de las particulares? 10. Qué es extension? Qué se llama dimensiones de un cuerpo? Qué objetos se miden por altura y profundidad? 11. Qué

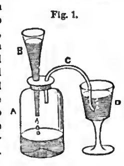
adaptarse a cada nueva superficie con qne se pone en contacto. Una bala mantiene su figura donde quiera que sea colocada; mas una cantidad de agua vaciada de un vaso a un cubo, cambia visiblemente de forma.

12. Impenetrabilidad.—La impenetrabilidad es la propiedad en virtud de la cual dos cuerpos no pueden ocupar simultaneamente el mismo lugar en el espacio.

La impenetrabilidad puede demostrarse con varios experimentos sencillos. Llenad de agua un vaso hasta los bordes y echad en él una bala; el agua rebosará al instante. Llenad entonces una botella con agua, y tratad despues de taparla con un corcho. La consecuencia será que no podréis hacerlo si no derramais un poco del agua: si se fuerza el corcho para dentro, de suerte que el liquido no puede escaparse, la botella reventará necesariamente.

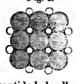
La impenetrabilidad del aire se demuestra con el aparato representado en la fig. 1. A es un tarro de cristal hermeticamente cerrado con un corcho, por el cnal penetra un embudo, B. Ahora C es nn tubo de vidrio encorvado, un extremo del cual entra tambien por el corcho en el tarro, mientras el otro va a rematar en un vaso de agua, D. Echad agua por el embudo en el tarro, y a medida qne aquella cae gota por gota, el aire pasa por el tubo arqueado, y se escapa por el agua en la forma de burbujas en D. Asi queda probado que el agua y el aire no pueden ocupar el mismo espacio simultaneamente.

Fig. 1.



13. A veces ocurren casos que parecen desmentir el principio de la impenetrabilidad de todas las sustancias. Un clavo, por ejemplo, penetra un pedazo de madera sin aumentar por esto su tamaño; pero se introduce comprimiendo las fibras de la madera, y no ocupando con ellas el mismo lugar. De esta manera tambien puede ponerse una cantidad de sal o de azúcar en un vaso lleno de agua hasta sus bordes, sin hacerlo rebosar; porque las partículas de agua son globulosas y no se tocan unas a otras, viniendo asi las moléculas de la sal a llenar los intersticios vacantes. El azúcar viene a su vez a ocupar los pequeñísimos espacios que aqnella dejó libres. La fig. 2 muestra sencillamente esta operacion. Para hacerlo mas familiar aun, podemos llenar un tiesto cualquiera con tantas naranjas como pueda contener, y en seguida le ponemos un número de chícharos: sacudiendo el tiesto ligeramente de modo que se asienten en los espacios vacios. Cuando ya no puede contener mas chícharos, repetimos la operacion con arena fina, y hallarémos que una gran cantidad de ella cabe aun entre las naranjas y los chícharos.

Fig. 2.



---

es figura? Figura en sólidos y liquidos. 12. Qué es impenetrabilidad? Algunos ejemplos y experimentos familiares que la esplican. Describid el experimento de la fig. 1. 13. Esplicad algunos casos de penetracion aparente. Qué es lo que sucede con

14. Indestructibilidad.—Indestructibilidad es aquella propiedad que hace que un cuerpo sea incapaz de ser destruido.

Podemos dar nueva forma y aun nuevas propiedades a la materia, pero jamas dejará de existir por eso. La cantidad de materia que hai en el mundo, es precisamente la misma desde que tuvo el ser; y ni se disminuirá hasta el fin de los tiempos. Dios solo creó, y él solo puede destruir.

15. Ostensiblemente parece que hubiera excepciones a esta lei universal; pero con el exámen se viene presto en cuenta de su engañosa apariencia. Por ejemplo, el agua espuesta al aire en un plato desaparece al fin por la evaporacion; pero no es aniquilada por esto. Tomando la forma de vapor asciende, se incorpora en las nubes, se condensa en lluvia, y cae; repitiéndose una y otra vez la misma trasformacion.—El aceite de una lámpara encendida disminuye mas y mas hasta que se consume del todo; mas la combustion lo ha convertido solo en gases invisibles: ni una partícula de su sustancia ha desaparecido. De la misma manera sucede con la leña y otros combustibles que empleamos: hai cambio de forma solamente, y ni una ínfima parte es propiamente perdida.

16. Se cuenta que Sir Walter Raleigh se prevalió de este conocimiento de la indestructibilidad de la materia para ganar una apuesta a Isabel, la gran Reina de Inglaterra en el siglo 17. Habiendo este cortesano pesado una cantidad de tabaco suficiente para llenar su pipa, se presentó con ella ante la Reina, y cuando las columnas de humo subian caracoleando de su boca, ofreció apostar con su Magestad a que podia pesar el humo. Isabel aceptó la propuesta, y Sir Walter concluyó tranquilamente de fumar su pipa; entónces vació las cenizas, las pesó, y sustrayendo su resultado de la cantidad de tabaco puesta al principio, dedujo a la Reina la suma neta y exacta del peso del humo. Isabel pagó la apuesta, y aprendió a su costa que la *materia es indestructible*.

17. Inercia.—Inercia, una propiedad mas bien negativa, es la ineptitud de la materia para moverse por si misma cuando en reposo, o para modificar su movimiento cuando en accion.

Asi que un cuerpo estacionario comienza a moverse, o un cuerpo en estado de movimiento se para, no lo hace por virtud propia, sino porque alguna agencia externa obra sobre el, la que se llama *fuerza*.

---

el azúcar y la sal en el agua? 14. Qué es indestructibilidad? Puede la materia desaparecer alguna vez? Hai excepciones a esta lei física? Demostrad su falacia con el ejemplo del agua, el aceite y otras trasformaciones de la naturaleza. 16. Anécdota de Sir Walter Raleigh con la Reina Isabel. 17. Qué es inercia? Qué es fuerza? Prue-

Todos los dias presenciamos los efectos de la inercia, pues jamas hemos visto una roca moverse por si misma de su lugar. El curso de los planetas suministra un ejemplo de la inercia en su estado de movimiento, pues la velocidad de la luna al rededor do la tierra y de la tierra al rededor del sol nunca parece haber disminuido; desde que se hicieron las primeras observaciones astronómicas.—Si los cuerpos caen cuando se les abandona a si mismos, esto proviene de una fuerza de atraccion que los impele acia el centro de la tierra, y no de su espontaneidad. Si una bola de billar se detiene gradualmente, es a causa de la resistencia del aire y del roce con el paño. No seria propio deducir de esto que la bola tiene una tendencia al reposo mas bien que al movimiento, como decian los antiguos, que comparaban la materia a una persona perezosa.

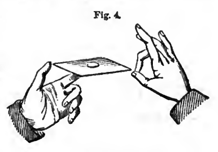
18. *Aplicaciones.*—Muchos fenómenos se esplican por la inercia de la materia. Por ejemplo, para saltar una fosa prendemos ántes la carrera, a fin de que al momento del salto el movimiento de que estamos animado, añada su impulso al esfuerzo muscular que hacemos. Una persona que desciende de un carruajo en mocion, si no imprime a su cuerpo un movimiento en la direccion inversa al vehículo, al instante que toca el suelo será arrojado del otro lado. La inercia hace tan terribles los accidentes en los ferro-carriles. Cuando la locomotora se detiene bruscamente por alguna causa, el tren sigue en su rápida marcha por efecto de la impulsion comunicada por aquella, de modo que los wagones entònces se chocan y despedazan los unos contra los otros.

Fig. 3.



19. Un experimento interesante se puede hacer con el aparato representado en la fig. 3, para demostrar la inercia. En la cima de una columnita se pone una carta de naipe, y sobre la carta una bola de bronce. La columna debe tener a mas un resorte de acero, el que tirándose para atras y soltándose de repente, hará saltar la carta, mientras la bola por causa de su inercia permanecerá en su lugar.

Fig. 4.



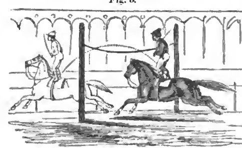
Los que no tienen este aparato pueden balancear una carta de naipe con una peseta encima, en uno de los dedos de la mano izquierda, y darle de súbito un papirotazo con el dedo del medio de la derecha, como se ve en la fig. 4. Si está bien balanceada y se le ha dado el golpe con igual presteza, la carta volará, dejando la peseta en el dedo.

---

bas y ejemplos de inercia en la naturaleza. Porque se ve deternerse cuerpos una vez en movimiento? Error de los antiguos. 18. Qué fenómenos se esplican por la inercia? 19. Describid el experimento de la inercia con el aparato fig. 3. Idem con la fig 4.

La razon de ambos fenómenos, es que no hai tiempo suficiente para que la carta venza la inercia de la bola o de la peseta, y les imparta su propio movimiento. Sin embargo, cuando el movimiento de un cuerpo ha sido comunicado a otro que se apoya sobre él, la inercia del último lo mantiene en actividad. Una persona que anda en carruaje participa de su movimiento, y si salta corre riesgo de ser volcada, porque sus piés dejan de moverse el instante que tocan el suelo, cuando la inercia de su cuerpo la impele ácia delante. Los corredores del circo se prevalen de esta lei para sobresalir ante el público su destreza en la equitacion. Cuando el caballo va a toda carrera el jinete salta por encima de una cuerda estendida a su paso (fig. 5), y vuelve a sentar pié en la silla sin dificultad alguna. Para hacer esto no tiene mas que saltar derecho para arriba al llegar a la cuerda, y la inercia lo lleva por si mismo al otro lado y en direccion de su caballo.

Fig. 5.



Una bala tirada con un fusil ordinario sobre una vidriera la hace pedazos, mas si es disparada con un rifle deja solo un agujerito del diámetro del plomo. En el último caso todas las partículas del cristal no alcanzan a moverse con la rapidez de la bala, a causa de su inercia; y por consiguiente solo la parte en contacto con ella es llevada adelante. Por el mismo principio, una varilla colocada entre dos copas de cristal puede ser partida en dos con el golpe de un hierro descargado con viveza, sin causar por esto el menor daño a sus frágiles apoyos.

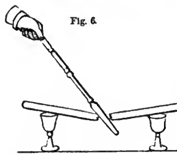


Fig. 6.

20. Cuanto mas pesado es un cuerpo, mayor es su inercia; tanto mas resiste la fuerza que trate de moverlo, modificar su mocion o pararlo del todo.

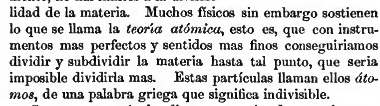
El instinto enseña esta lei. Un muchacho que está a pique de ser alcanzado por un hombre, sesgará de repente, o como se dice vulgarmente, hará *un lance*, ganando por este medio terreno, pues el mayor peso e inercia del

---

Esplicad la razon de estos resultados. Por qué los gimnásticos pueden saltar por encima de una cuerda con el caballo a galope? Caso de la bala en el vidrio. 20. Qué proporcion hai entre la pesantez y la inercia de los cuerpos? Mostrad como un niño

otro lo compele a describir un círculo mas grande. Asi lo ejecuta tambien la liebre perseguida del lebrel, la que doblando el camino se escapa a veces hasta ganar su cueva, como se ve en la fig. 7, donde la linea continua muestra el curso de la liebre y la entrecortada el del perro.

Fig. 7.



21. DIVISIBILIDAD.—La divisibilidad es la propiedad que tiene todo cuerpo de ser separado en partes distintas.

Teoría atómica. — Prácticamente, no hai límites a la divisibilidad de la materia. Muchos físicos sin embargo sostienen lo que se llama la *teoría atómica*, esto es, que con instrumentos mas perfectos y sentidos mas finos conseguiriamos dividir y subdividir la materia hasta tal punto, que seria imposible dividirla mas. Estas partículas llaman ellos *átomos*, de una palabra griega que significa indivisible.

Segun esta teoría, las diversas especies de materia estan hechas de diferentes especies de átomos; pero en una sustancia los átomos son siempre de la misma figura y naturaleza. Es preciso tener presente, con todo, que aun no han hallado partícula que no pueda ser dividida.

22. *Ejemplos de divisibilidad.*—La materia puede dividirse en partículas increiblemente ténues. Con un instrumento fino se puede tirar diez mil lineas distintas paralelas en una superficie pulida de una pulgada de ancho. Tan menudas son estas lineas que no pueden verse sin el microscopio; ni una sola raya es perceptible a la vista natural.

El olor de un grano de almizcle se percibirá distintamente en un aposento durante veinte años, pues impregna el aire con las partículas de su sustancia; pero tan mínimas son estas, que si el almizcle es pesado al cabo de este tiempo, no se descubre pérdida alguna en su peso.

Un grano de cobre disuelto en ácido nítrico imparte un color azulado a tres cuartillos de agua. Cada partícula separable de agua debe contener una parte del grano de cobre; el que ha sido calculado estar dividido entónces en no ménos de 100,000,000 de partecillas.

23. La naturaleza ofrece tambien ejemplos asombrosos de la divisibilidad de la materia. La tela de la araña es de tal manera ténue, que está computado

---

y la liebre hacen uso de esta lei física. 21. Qué es divisibilidad? Cual es la teoría atómica? Dad algunos ejemplos de la divisibilidad de la materia. Qué maravillas se

que toda la cantidad suficiente para abarcar toda la redondez de la tierra, pesaria solo ocho onzas; y sin embargo este finísimo hilo contiene cerca de mil hebras separadas.

La sangre se compone de glóbulos rojos, flotando en un liquido descolorido llamado *suero*. En el hombre, cada gota contiene al ménos un millon de estos glóbulos. Pequeñísimos como son, pueden con todo dividirse en otros glóbulos todavia. A medida que descendemos en la escala de la creacion, encontramos animales cuyo cuerpo entero no es mas grande que estos glóbulos de sangre humana; y sin embargo poseen todos los órganos necesarios para la vida. ¡ Cuán inconcebiblemente mínimos deben ser los vasos por que circulan los flúidos en sus cuerpos !

Las maravillas de la vida animal que nos revela el microscopio son casi increibles. El nos muestra en una planta animalillos tan menudos que se necesitaria diez mil millones de ellos para igualar el tamaño de una semilla de cáñamo. En una sola gota de agua estancada se ve millares de criaturas animadas. El mineral denominado trípoli está formado de estos animálculos fosilisados o convertidos en piedra; y ha sido demostrado que la cuarentava parte de una pulgada cúbica de este mineral contiene los cuerpos de no ménos de mil millones de estos animalejos, esto es, mas que todos los seres humanos existentes en el globo.

24. Porosidad.—La porosidad es la propiedad en virtud de la cual existen intersticios entre las moléculas de los cuerpos, a los que se da el nombre de *poros*.

Hai dos especies de poros: los *poros físicos*, o intersticios pequeños suficientes solo para que las fuerzas moleculares de atraccion o repulsion mantengan su accion, tales como el oro y el granito; y *poros sensibles*, aquellos que se perciben facilmente con la simple vista, como la esponja, las areniscas, la madera, &c. Estos poros físicos esplican las causas de las contracciones y dilataciones de los cuerpos, que sobrevienen a los cambios atmosféricos; asi como los poros sensibles nos demuestran el fenómeno de la exhalacion y absorcion en los seres organizados.

25. Si se sumerge en el agua un pedazo de tiza, se ve salir burbujas a la superficie. Esto es evidentemente el efecto del aire que ocupaba los poros de la tiza. Tambien si se pesa una piedra ántes y despues de su inmersion en el agua, se observa que su peso ha aumentado considerablemente. Se podria asi medir la capacidad total de sus poros por el peso del agua absorbida. En cuanto a la porosidad del agua ha sido ya demostrada con la fig. 2.

Se prueba que el granito es poroso, poniendo un pedazo de esta piedra en

---

observan por medio del microscopio? 24. Qué son poros? 25. Qué es porosidad? Como probais que el agua es porosa? Hai porosidad en el granito? id en el hierro?

una vasija de agua debajo del recipiente de la máquina neumática (descrita en la página 187), y enrareciéndose el aire, se verá presto muchas pequeñas burbujas abriéndose camino por el agua ácia la superficie.

Un pedazo de hierro se achica tambien con el martillo; y esto es una prueba de su porosidad. De otro modo sus partículas no podrian estrecharse mas, si no hubiera intersticios entre ellas.

26. Por lo que hace a los metales, su porosidad está demostrada por el experimento hecho en 1661 por los académicos de Florencia. Tratando estos de descubrir si se podia disminuir el volúmen del agua, sometiéndola a una fuerte compresion, cojieron una pequeña esfera hueca de oro, la que llenaron de agua, y despues de haber soldado la apertura herméticamente, comenzaron a darle de martillazos a fin de reducir su volúmen. El resultado fué que a cada golpe apareció el agua en la superficie del metal en la forma de rocío, demostrando asi la porosidad del metal. Muchos físicos han repetido despues este experimento, y con los mismos efectos.

27. En la porosidad de los cuerpos, es preciso distinguir su *volúmen aparente*, o la porcion del espacio que en efecto ocupa un cuerpo; y su *volúmen real*, que es aquel que la materia ocuparia propiamente, si pudiera aniquilarse sus poros. El volúmen real de un cuerpo es invariable; mas el volúmen aparente disminuye o aumenta con el de los poros.

28. En la economia doméstica, se utiliza de varias maneras la porosidad de los cuerpos, como en los filtros de papel, de fieltro, de piedra, de carbon y otros. Los poros de estos son bastante grandes para dejar pasar liquidos, pero demasiado pequeños para que pasen las otras sustancias que ellos contienen. En las canterías se practica tambien introducir en las rajaduras de las piedras un cuño de madera seca, el que humedeciéndose en seguida con el agua que se introduce en sus poros, se hincha y despega trozos enteros de piedra. Si se moja asi mismo un cable o cuerda, este aumentará de diámetro y disminuirá en largura; y hé aqui otro medio poderoso que se emplea para elevar pesos enormes.

29. *Densidad y raridad.*—Cuanto mas poco y mas pequeños son los poros de un cuerpo, lo mas compactas son sus moléculas, y mayor es su peso en una cantidad dada. Los cuerpos que tienen sus poros unidos entre sí, se llaman *densos;* y aquellos cuyos poros son grandes y numerosos se denominan *raros.*

30. Compresibilidad y Expansibilidad.—La compresibilidad y expansibilidad son opuestas entre sí. La primera, es la propiedad que tienen los cuerpos de poder reducirse a un menor volúmen por efecto de la presion; y la

---

26. Son los metales porosos? Quienes y como descubrieron esta propiedad? 27. Qué es volúmen aparente de un cuerpo? y qué real? 28. Qué uso se hace de la porosidad de los cuerpos en la economía doméstica y la mecánica? 29. Qué es densidad y ra-

segunda, la propiedad de los mismos para aumentar en volúmen por medio de otros agentes.

La compresibilidad y la expansibilidad son una consecuencia y una prueba de la porosidad de los cuerpos. Desde que las partículas de un cuerpo no se tocan entre si, la aplicacion de una fuerza correspondiente las hará ponerse en contacto, y el tamaño de la materia será reducido. Una esponja, por ejemplo, puede reducirse con la simple presion de la mano a una décima parte de su tamaño natural; del mismo modo, si por medio de algun agente, como el calor, se hacen mayores los poros de un cuerpo, su tamaño ha sido aumentado en la misma proporcion.

31. Estas propiedades son comunes a todos los cuerpos. Una vara de hierro que no puede por su espesor penetrar una abertura, se la comprime a martillazos hasta reducirla a la proporcion y objeto deseados; y por el contrario, se pudiera aumentar su volúmen con el fuego, de modo que no pasara por la misma abertura. Los líquidos fueron considerados por mucho tiempo incompresibles; pero aunque tienen esta propiedad en un grado mui pequeño, está demostrado por actual experimento que son susceptibles de ella. Su expansibilidad se prueba con el alza del mercurio en el barómetro.

Fig. 8.

La compresibilidad varia mucho en los cuerpos. Los aéreos son los cuerpos mas compresibles. El gas, por ejemplo, puede ser reducido, bajo una presion correspondiente, a un espacio 10, 20 y 100 veces menor del que ocuparia en circunstancias ordinarias. Hai un límite con todo en que la mayor parte de los gases se convertirian en líquido con la mucha presion.

La compresibilidad y expansibilidad del aire se muestra con el aparato representado en la fig. 8. Haced que el émbolo P se ajuste herméticamente al cilindro A B. Cuando se baja el piston, el aire no pudiendo escapar, se comprime; y cuando se le retira, vuelve a adquirir su expansibilidad.

32. Movilidad.—La movilidad es la propiedad que tienen los cuerpos de poder ser traslados de un lugar a otro. Aunque la inercia se opone a la movilidad de los cuerpos, no hai cuerpo, con todo, que no pueda moverse con la aplicacion de una fuerza correspondiente.

---

ridad en los cuerpos? 30. Qué es compresibilidad? Qué expansibilidad? Ejemplos. 31. Es el hierro compresible? Son los líquidos? Qué cuerpos son mas compresibles? Ejemplo del gas. Esplicad la compresibilidad y expansibilidad del aire con el

33. Atraccion.—La atraccion es aquella fuerza en virtud de la cual todos los cuerpos propenden a dirigirse los unos ácia los otros.

Como esta es una propiedad general inherente a la materia, ya se la considere en movimiento o en reposo, íntegra o en partes, se la llama *atraccion universal.* Cuando se la aplica a los astros, se le da el nombre de *gravitacion ;* y si se trata de la atraccion que hace que los cuerpos abandonados a si mismos se precipiten ácia el centro de la tierra, se la denomina *gravedad* o *pesantez.* La bala de cañon, por ejemplo, que se desprende de las manos, cae en tierra por razon de su pesantez. La tierra se mueve a la vez ácia la bala; pero en un espacio inconcebiblemente pequeño a causa de su vasta superioridad en volúmen.

Fig. 9.



Que una bala de cañon es capaz de atraer, como de ser atraida, se demuestra colgando dos balas juntas la una a la otra por medio de dos cuerdas mui largas. En consecuencia de la mútua atraccion de las balas, las cuerdas no se sostendran paralelas, sino que se inclinaran la una a la otra al descender, como se ve en la fig. 9.

Procedemos ahora a tratar de las propiedades accesorias comunes solo a ciertos cuerpos.

34. Cohesion.—La cohesion es aquella propiedad o fuerza que liga entre si las partículas semejantes de un cuerpo. Como estas partículas se llaman tambien en la Física *moléculas,* algunos autores dan por eso a la cohesion el nombre de *atraccion molecular.*

La cohesion es una propiedad que pertenece a los sólidos, y de hecho es la causa de su solidez. En algunos es mas fuerte que en otros, haciéndolos por esto mas duros y tenaces. Los líquidos tienen tan poca cohesion que su propio peso la destruye, y causa una separacion de sus partículas. Los flúidos aéreos carecen absolutamente de cohesion, y su lugar es ocupado por una *fuerza repulsiva,* que tiende a separar entre si sus moléculas, dándoles espansion.

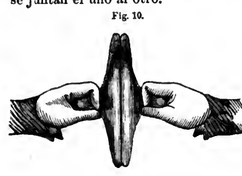
35. Adhesion.—La adhesion es la propiedad en virtud

---

aparato fig. 8. 32. Qué es movilidad? 33. Qué es atraccion? Qué se llama atraccion universal? Cuando se denomina gravitacion? Cuando pesantez? Ejemplo de la bala de cañon. 34. Qué es cohesion? Qué son moléculas? Qué es atraccion mole-

de la cual la superficie de dos cuerpos puestos en contacto se juntan el uno al otro.

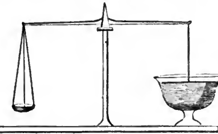
Fig. 10.



Esta clase de cuerpos puede componerse de la misma especie de materia; y su adhesion se demuestra por medio de dos láminas de vidrio perfectamente ajustadas la una a la otra. Apretad estas entre si, y hallareis que requiere considerable esfuerzo para separarlas despues. Cuanto mas estensa y pulida sea la snperficie de las láminas, y cuanto mas dure su union, tanto mas difícil será separarlas. Ved fig. 10.

La adhesion actúa asi mismo con la superficie de los sólidos y líquidos. Suspended una placa de cobre del brazo de una balanza, de manera que su asiento venga a quedar paralelo al piso, y contrapesado con el platillo del otro brazo. Entonces sin tocar el cobre, poned un vaso debajo, como en la fig. 11, y echad en él agua hasta que llegue cabalmente a tocar la placa. La adhesion ahora entre el sólido y el líquido ha llegado a ser tan fuerte, qne podeis cargar del otro lado un peso comparativamente grande sin despegar la placa del líquido.

Fig. 11.



36. Dureza.—La dureza de un cuerpo, es aquella propiedad que lo hace resistir a ser rayado o desgastado por los otros cuerpos. Esta dureza depende del grado de coherencia de sus partículas. Es asi mui diferente de la densidad, que consiste mas bien en la cantidad de partículas de un cuerpo determinado. El plomo es *denso*, mas no *duro*.

Esta es una propiedad relativa solamente, porque un cuerpo duro con relacion a una sustancia, es blando respecto de otra. Se conoce la dureza

---

cular? A qué cuerpos corresponde? La tienen los líquidos y los flúidos? 35. Qué es adhesion? Como se demuestra la adhesion de los cuerpos? Como probais la adhesion de los líquidos y sólidos. 36. Qué dureza? En qué se d'stingue de la densi-

relativa de dos cuerpos, buscando aquel que raya al otro sin ser rayado el mismo. De este modo se ha demostrado que el diamante es el cuerpo mas duro, porque raya a todos y no puede ser rayado por ninguno. En seguida se coloca el zafiro, el rubí, el cristal de roca, el pedernal, etc.

Los metales en su estado de pureza son blandos, pero se hacen duros con la mezcla. La plata y el oro que se emplean en la elaboracion de las albajas y monedas tienen que ser aleados o ligados con cobre, a fin de endurecerlos.

La dureza de un cuerpo no está en relacion con su resistencia a la presion. El vidrio y el diamante son mas duros que la madera, pero resisten mucho ménos que la madera los golpes del martillo. Se aprovecha de esta cualidad de los cuerpos en el uso del polvo para pulir, como los del esmeril, de la pómez, y del trípoli.

37. Tenacidad.—La tenacidad es aquella propiedad de los cuerpos para resistir toda fuerza que tiende a romperlos.

La dureza y la tenacidad son resultados de la cohesion; mas no deben confundirse con ella. Entre muchas varas del mismo grueso, la que soporte un peso mas grande será la *mas tenaz;* y la que es mas difícil de cortar, la *mas dura.*

Los metales se distinguen generalmente por su tenacidad. Algunos poseen con todo esta propiedad en un grado mas alto que otros. Esto se demuestra comparando el peso que los diferentes alambres metálicos son capaces de sostener. Un alambre de hierro del diámetro del décimo de una pulgada es capaz de sostener un peso de 550 libras sin romperse, mientras uno de plomo se romperia con un peso de 28 libras. El hierro es así el mas tenaz de los metales. Un cable hecho de este material, y compuesto de alambres como queda dicho, sostendrá el enorme peso de 60 toneladas por cada pulgada cuadrada en seccion trasversal. Por esta razon se le emplea en los puentes colgantes de alambres, como el que atraviesa el Niágara un poco mas abajo de las famosas cataratas, en una estension de no ménos de 800 pies de largo; y por el que pasan diariamente locomotoras con sus convoyes cargados sin causar vibracion alguna.

38. *Tenacidad de diferentes sustancias.*—En el arte de edificar y en otros oficios, es mui importante conocer la tenacidad relativa de diferentes maderas y metales, sobre lo que se han hecho repetidos experimentos. Los resultados no siempre son los mismos, pues se nota diferencia a veces en la madera de un mismo árbol y en las piezas de un mis-

---

dad? Como se conoce la dureza relativa de dos cuerpos? Qué cuerpos son mas duros? Qué dureza tienen los metales? 37. Qué es tenacidad? En qué se diferencia de la dureza? Qué cuerpos son mas tenaces? Qué uso se hace del alambre? Es importante conocer la tenacidad de los materiales? Mostrad la tenacidad de acero,

mo metal. Sin embargo la siguiente tabla puede tomarse como el término medio de la resistencia de varios materiales, suponiendo que las varas son de igual largura con una seccion trasversal de una pulgada cuadrada.

	LIBRAS.		LIBRAS.
Metales.—Acero colado,	134,250	*Maderas.*—Fresno,	14,000
Hierro sueco,	72,000	Teca,	13,000
Hierro ingles,	55,800	Roble,	12,000
Hierro colado,	19,000	Abeto,	11,000
Cobre rojo colado,	19,000	Arce,	8,000
Estaño colado,	4,700	*Cordel*, una pulgada de circunferencia,	1,000
Plomo colado,	1,825	*Id.* tres pulgadas id.,	5,600

Es un hecho enrioso qne la composicion de dos metales pnede ser mas tenaz qne cada uno de ellos por separado. Asi el laton o cobre amarillo, qne se compone de zinc y cobre colado, ofrece mas tenacidad que estos de por sí.

Los líquidos tienen comparativamente poca tenacidad, aunque difieren a este respecto. La leche es mas tenaz que el agua, lo que la hace rebosar mas pronto, pues las burbnjas no se deshacen sino que se acumulan, subiendose las unas sobre las otras hasta salirse la leche. Esto esplica tambien porque el jabon levanta espuma y nó el agua pura.

39. Fragilidad.—La fragilidad es aquella propiedad que hace a algunos cuerpos fáciles de quebrantarse.

La fragilidad es lo contrario de la tenacidad, pero a veces es tambien comnn a los cnerpos duros, como el vidrio, que aunque con dureza bastante para rayar la snperficie pulida del acero, es con todo mni frágil. Una sustancia tenaz por naturaleza pnede asi mismo convertirse en quebradiza. Una vara de hierro sometida al mas alto grado de calor y que se la deja enfriar gradualmente, retiene su tenacidad y se dobla mas bien que romperse; pero si se la enfria rápidamente sumergiéndola en agua fria, se la hace frágil.

40. Elasticidad.—La elasticidad es la propiedad que tienen los cuerpos de tender a recobrar su forma o volúmen, cuando la fuerza que alteraba esta forma o volúmen cesa de obrar. Por ejemplo: Estirad un pedazo de caucho con los dedos, y soltadlo de repente, e inmediatamente se contraerá al tamaño de ántes. Lo mismo sucede con el arco de una flecha.

41. La fuerza con qne un cuerpo recobra su forma, se llama *fuerza de re-*

---

hierro, cobre, estaño y plomo; y del fresno, teca, roble, abeto, arce y el cordel. Hai tenacidad en los liquidos? 39. Qué es fragilidad? Son frágiles los cuerpos duros? 40. Qué es elasticidad? Ejemplos. 41. Qué es fuerza de restitucion? Qué son per-

stitucion. Los cuerpos cuya fuerza de restitucion los hace volver a su forma primitiva, bajo todas circunstancias, se llaman *perfectos elásticos.* Las únicas sustancias de esta clase que se conocen son los cuerpos aéreos. El aire puede tenerse comprimido por años; y con todo, apenas escape de la presion que al instante asumirá sus antiguas dimensiones.

42. Muchos sólidos duros y densos son tambien mui elásticos, como el accro, el mármol y el marfil. Los sólidos suaves, como la manteca, la brea, etc., apenas tienen elasticidad; aunque algunos pocos la poseen, como el caucho y el hilo de seda.

43. La elasticidad del acero se aumenta haciéndolo contraerse súbitamente, cuando se encuentra en una temperatura elevada. Se llama esto *templarlo,* y se verifica poniendo el acero a un intenso calor, y sumergiéndolo despues en agua fria, donde se le mantiene por cierto tiempo. Esta es una operacion mui delicada. Damasco y Toledo han sido lugares famosos para la elaboracion de finas espadas. En la Exhibicion de Londres de 1850, se mostró una espada toledana de un temple tan exquisito, que podia arqueársela hasta describir un círculo, volviendo a enderezarse otra vez perfectamente.

44. Un compuesto de dos metales puede poseer la elasticidad en un grado mas alto que cada uno de ellos por sí solo. Asi el metal de una campana es mucho mas elástico que el cobre o el estaño, de que está compuesta.

45. Arrójese contra una sustancia dura un cuerpo elástico, y rebotará. Una pelota de caucho rebota de una pared a una distancia proporcionada a la fuerza con que ha sido tirada. En estos casos la pelota se achata en el punto de contacto, pero retrocede al instante a su forma anterior con tal fuerza que empuja ácia atras la pelota.

Fig. 12.



Para demostrar esto, tomad dos bolas de marfil y untando una de ellas con tinta de imprimir, colgad ambas casi juntas y con cuerdas de igual largura. Ponedlas despues suavemente en contacto, y unas partículas de tinta se adheriran a la bola limpia: haced que se choquen con violencia, y entonces se verá una mancha mas grande. Esto no sucederia si las dos bolas no se achatasen al momento de chocar.

46. Hai un limite a la elasticidad de los cuerpos, que una vez traspasado no vuelven a adquirir sus proporciones originales. Un alambre de hierro doblado ligeramente, vuelve a enderezarse; pero nó si se le dobla violentamente. Una compresion, estiramiento o dobladura demasiado prolongados producen un mismo efecto. Un arco continuamente tendido perderá enteramente su elasticidad.

---

fectos elásticos? 42. Qué cuerpos duros son elásticos? 43. Qué es temple y cómo se opera? 44. Son los metales los mas elásticos? 45. Qué sucede a los cuerpos elásticos arrojados contra una sustancia dura? Mostrad experimentalmente con se efec-

47. Los líquidos tienen mui poca elasticidad; y se les llama por eso *flúidos no-elásticos*. Los aéreos poseen esta propiedad eminentemente, y son conocidos con el nombre *flúidos elásticos*.

48. La maleabilidad es la propiedad de âlgunos cuerpos para ser estendidos en láminas mui delgadas por los golpes de un martillo o pasándolos por el laminador ó castillejo.

Un trabajador sin mas instrumento que un martillo puede hacer un vaso sin juntura alguna de un pedazo de cobre; pues la maleabilidad del metal lo hace ceder a los golpes sin romperse. La masa de harina proporciona otro ejemplo familiar, convirtiéndose en sutiles hojas bajo la suave presion del rodillo.

La maleabilidad es mas bien una propiedad de los metales; y en algunos de ellos, con todo, como el antimonio y el bismuto, no existe absolutamente. Es mas patente en la plata, el platino, el hierro y el cobre, pero mas que todo en el oro. Una pulgada cúbica de este metal puede ser estendida hasta cubrir 282,000 pulgadas cuadradas, que hacen la laminadura solo un $^{1}/_{282000}$ de una pulgada de grueso. En otras palabras, se necesita 282,000 tiritas de esta lámina, una sobre otra, para hacer el espesor de una pulgada.

49. Ductilidad.—Se llama ductilidad, la propiedad que poseen muchos cuerpos para ser reducidos a alambres.

Todos los metales maleables son generalmente dúctiles, pero no en el mismo grado. De este modo el estaño que fácilmente se convierte en sutiles láminas, no puede cambiarse en alambre delgado; y el oro mismo, el mas maleable de los metales, cede en ductilidad al platino.

Este último metal es el mas dúctil que se conozca, pues se puede hacer con él un alambre de solo $^{1}/_{30000}$ de una pulgada de diámetro, imperceptible a la simple vista. Alambre de oro puede fabricarse tan tenue que cincuenta millas no pesen mas de una onza. El vidrio ablandado por medio del fuego, se hace tan dúctil que puede hilársele en hebras tan finas y flexibles casi como las del algodon y del gusano de seda.

---

tua el rebote? 46. Hai límite a la elasticidad? Son los líquidos elásticos? 48. Qué es maleabilidad? Ejemplios. Qué cuerpos son maleables? Cual de los metales es mas maleable? 49. Qué es ductibilidad Qué cuerpos son mas dúctiles? Cual de los metales es mas dúctil?

CAPÍTULO III.

MECÁNICA.

50. Mecánica, es aquella parte de la Física que trata de la fuerza y su aplicacion a las máquinas.

51. Fuerza y resistencia.—Cuando vemos un cuerpo moverse, pararse o cambiar de mocion, concluimos que lo hace en virtud de una agencia esterna, puesto que no puede obrar por sí mismo. Esta causa capaz de producir o modificar el movimiento, la llamamos *fuerza*. La elasticidad del arco para disparar una flecha al aire, es una fuerza; el viento que cambia su direccion, es otra fuerza; y por fin la pesantez, que lo trae a tierra y detiene su movimiento, es todavia otra fuerza.

Por el contrario, aquella otra fuerza que se opone a producir un cierto efecto, se llama *resistencia*. En el ejemplo citado, la inercia de la flecha es la resistencia.

Se llaman *estáticas* las fuerzas que producen presion o equilibrio, para distinguirlas de las fuerzas *dinámicas*, o que producen la mocion. Esta distincion es artificial meramente; pues la misma fuerza puede causar presion o movimiento segun las circunstancias.

Las fuerzas actuan sobre los cuerpos para ponerlos en movimiento o en reposo.

Movimiento.

52. Movimiento es el estado de un cuerpo que continuamente cambia de lugar.

53. El movimiento es absoluto o relativo.

Movimiento absoluto de un cuerpo es un cambio de lugar con respecto a otro fijo o en reposo; y *movimiento*

---

50. Qué es mecánica? 51. Qué son fuerza y resistencia? Ejemplo de ambas. De qué modo obra un cuerpo sobre otro? 52. Qué es movimiento? 53. Qué es mo-

relativo, es su cambiamiento de lugar respecto a otro que tambien se mueve.

Una embarcacion está en movimiento absoluto respecto al punto de su partida; pero se encuentra en movimiento relativo con respecto a otra embarcacion que se mueve a la vez.

54. Reposo.—El reposo es lo opuesto del movimiento, y significa la permanencia de un cuerpo en su mismo lugar.

El reposo es tambien absoluto y relativo. Una persona sentada en la cubierta de un vapor andando cinco pies por segundo, está en *reposo relativo* con respecto a otros objetos a bordo. Para estar en *reposo absoluto* necesitaria andar cinco pies por segundo ácia popa.

Propiamente hablando, no existe tal cosa como reposo absoluto; porque moviéndose la tierra a razon de 99,000 pies por segundo, arrastra consigo todo lo que hai en su superficie. Las colinas, los árboles y las casas, aunque ocupando un mismo lugar respecto a otros objetos, estan a la verdad andando por el espacio con inmensa rapidez. Con todo, como este sucede con nosotros mismos, con la atmósfera y demas cosas, consideramos un cuerpo en absoluto reposo si no tiene mas movimiento que el terrestre.

55. Velocidad.—La velocidad es el grado de rapidez con que un cuerpo se mueve en un tiempo dado.

Esta se determina por el espacio o camino recorrido en una unidad de tiempo. Cuanto mas grande es el espacio andado, mayor será la velocidad. Si A camina dos millas en una hora y B cuatro, la velocidad de B es dos veces mas grande que la de A.

56. Hai tal relacion entre el espacio recorrido y el tiempo empleado y la velocidad, que conociendo dos de ellos podemos encontrar el tercero.

Regla 1.—Para hallar la velocidad de un cuerpo, dividid el espacio recorrido por el tiempo.

Ejemplo. Una locomotora anda 120 millas en 4 horas; ¿cual es su velocidad?—Dividiendo 120 por 4, tenemos 30; luego son 30 millas por hora.

Regla 2.—Para encontrar el tiempo, dividid el espacio por la velocidad.

Ejemplo. Una locomotora anda 120 millas, a razon de 30 millas la hora;

vimiento absoluto? Qué relativo? Ejemplos. 54. Qué es reposo? Qué es reposo absoluto? Qué relativo? Puede haber reposo absoluto? 55. Qué es velocidad? Cómo se determina? 56. Cómo se encuentra el tiempo, espacio o velocidad de un

¿cuánto tiempo va a tardar?—Dividid 120 por 30, y salen 4: entonces son 4 horas.

Regla 3.—Para encontrar el espacio, multiplicad la velocidad por el tiempo.

Ejemplo. Una locomotora anda 4 horas a razon de 30 millas la hora; a qué distancia ha ido?—Multiplicad 30 por 4, y son 120; respuesta, 120.

57. *Tabla de las velocidades.*—No carece de interes comparar el término medio de la velocidad de los diferentes objetos movibles, que siguen:

	Millas por hora.		Millas por hora.
Un hombre anda............	3	Un huracan	80
Un caballo andador.........	7	El sonido.................	743
Un rio lento................	3	Una bala de fusil en el acto de descargarse...........	850
Un rio rápido	7	Una bala de rifle...........	1,000
Un buque velero............	10	Una bala de 24 lbs.........	1,600
Un vapor andador..........	18	La tierra en su órbita	67,378
Un tren con locomotora.....	35	La luz.................	720,000,000
Un viento regular	7	El flúido eléctrico....	1,036,800,000
Una tempestad.............	36		

58. *Especies de movimiento.*—Hai tres especies de movimiento: *uniforme*, *acelerado* y *retardado.*

59. Movimiento uniforme, es aquel en el que un móvil recorre un espacio igual en un tiempo igual.

Movimiento uniforme seria el producido por la accion de una fuerza que cesa despues de obrar; pues estando el cuerpo motor libre de otras influencias, su inercia sola lo mantendria en movimiento en la misma proporcion. La pesantez y la resistencia del aire, con todo, retardan constantemente el avance del cuerpo movido; y por eso debe anularse estas resistencias por una accion continua, a fin de sostener el movimiento uniforme. De aqui es que se encuentran tan pocos casos de movimiento uniforme en la naturaleza o en el arte.

60. Movimiento acelerado es el de un cuerpo cuya velocidad va aumentando a medida que se mueve. Es causado por la accion contínua de una fuerza.

Una bala desprendida de una altura presenta un ejemplo familiar de mocion acelerada. Al momento que se la larga, la atraccion la hace descender; mas si esta o cualquiera otra fuerza cesara en este instante, la bala caeria

---

móvil? Dad una regla y ejemplo para cada uno. 57. Cual es la velocidad de un hombre? de un rio? de un buque de vela y de vapor? de un tren? del viento? de la tempestad, el huracan? &c. 58. Qué especies de movimientos hai? 59. Qué es movimiento uniforme? Cómo se produce práctica y teoricamente? 60. Qué es movimiento

solo con un movimiento uniforme. La pesantez con todo la impele a marchar mas y mas ligera, impartiéndole asi un movimiento acelerado.

Se dice que un cuerpo tiene un movimiento *uniformemente acelerado*, cuando su velocidad va creciendo en la misma proporcion; es decir: si se mueve dos pies en el primer segundo, cuatro en el siguiente, ocho en el tercero, etc.

61. Movimiento retardado es el de un cuerpo cuya velocidad va disminuyendo a medida que se mueve. Es producido por la accion continuada de la misma resistencia sobre el cuerpo en mocion.

Una bala echada a rodar por el suelo, se mueve mas y mas despacio bajo la accion de la pesantez, hasta que al fin se detiene.

Un movimiento se llama *uniformemente retardado*, cuando su velocidad va disminuyendo en el mismo grado; es decir: si se mueve ocho pies en el primer segundo, cuatro en el otro, dos en el tercero. Tal es el caso de una piedra arrojada de abajo para arriba.

Momento.

62. Se llama *momento* de un cuerpo, en la Mecánica, su cantidad de movimientos.

Una bala de diez libras que se mueve a razon de 400 pies en un segundo, puede dividirse en diez partes de una libra cada una. Cada parte tiene un movimiento de 400 pies por segundo; y la cantidad de movimientos, o momento de las diez partes, esto es, de toda la bala, será diez veces 400, que son 4,000. De aqui la regla:—

63. *Regla.*—Para hallar el momento de un móvil, multiplicad su velocidad por su peso.

Ejemplo. ¿Cual es el momento de una bala de a diez que se mueve 400 pies por segundo?—Multiplicad 400 por 10, y tendreis 4,000. *Respuesta*, 4,000.

64. Cuando se compara los momentos de diferentes objetos, su peso y velocidad deben ser expresados en unidades de la misma denominacion: v. g. si se enuncia el peso de uno de ellos en libras, el del otro debe hacerse tambien en libras; y si la velocidad del uno es determinada en tantos pies por

---

acelerado? Qué es lo que lo produce? Ejemplo. Qué es movimiento uniformemente acelerado? 61. Qué es movimiento retardado? Cómo se produce? Ejemplo. Qué es movimiento uniformemente retardado? 62. Qué es momento? Ejemplo. 63. Dad una regla para hallar el momento de un móvil. 64. Qué es preciso para hallar el mo-

segundo, ha de hacerse lo mismo con el otro. Si se da diferentes denominaciones, reduzcase a una sola.

Ejemplo. A pesa 50 libras, y tiene nna velocidad de 7,200 millas por hora; B pesa 100 libras, y tiene una velocidad de 4 millas en un segundo. ¿Cual tiene mayor momento?

3,600 segundos hacen una hora; y si la velocidad de A es 7,200 millas por hora, en un segundo será $1/_{3600}$ de 7,200, o dos millas.

El peso de A, 50, multiplicado por la velocidad 2 de A da 100 como prodncto 'el momento de A.

El peso de B, 100, multiplicado por la velocidad 4 de B da 400 como el prodncto de B.

Luego el momento de B es 4 veces mas grande que el de A.

65. Dos cuerpos del mismo peso tienen momentos proporcionados a sus velocidades. Si dos balas qne pesan 5 libras cada una, se mueven respectivamente a razon de 20 a 10 millas por hora, sus momentos estarán entonces en la proporcion de 20 a 10, o sea dos a uno.

Dos cnerpos qne se mneven con la misma velocidad, tienen momentos proporcionados a su peso. Si dos balas se mueven a razon de 5 millas por hora y pesan 20 a 10 libras respectivamente, sus momentos estarán entonces en la proporcion de 20 a 10, o de dos a uno.

Puesto que el momento depende tanto de la velocidad como del peso, es claro que aumentando bastante su velocidad, se puede dar a un cuerpo pequeño un momento mayor que a nno grande. De esta manera, nna bala disparada con nn fusil, tiene mas momento que una piedra mnchas veces mas grande arrojada con la mano.

Bajo el mismo principio, un cuerpo mui pesado, cuyos movimientos son apenas visibles, puede con todo tener un inmenso momento. Tal es el caso con las masas grandes de hielo flotantes que son tan fatales a los buques u otros objetos que entre ellas se encuentran presos.

Impacto.

66. Se llama *impacto* en la Mecánica, aquel golpe único e instantáneo comunicado por un cuerpo en movimiento a otro que está en mocion o en reposo.

Cuando nn móvil choca con un cuerpo en reposo, podria solo avanzar en su curso llevándose a éste adelante, para lo que debe impartirle un tal momento que ambos, despues del impacto, se muevan con una velocidad comun. Si las masas de los cuerpos son iguales, es evidente que despues del impacto, el momento se dividirá uniformemente entre ellos, y que la velocidad de uno y otro será la mitad de la velocidad del móvil antes del choque. Si la masa en

---

mento de diversos objetos? Ejemplo. 65. Dos cuerpos del mismo peso, ¿a qué tienen proporcion sus momentos? Ejemplo. Cómo se puede dar mas momento a un cuerpo pequeño que a un grande? Dad un ejemplo. 66. Qué es impacto? Qué resulta cuando un móvil choca con un cuerpo en reposo siendo las masas iguales? Qué

reposo es doble de la masa del móvil, la velocidad comun será una tercera parte; y generalmente, cuando un móvil trasmite su mocion a un cuerpo en reposo, la velocidad unida de ambos será a la del móvil como la masa de este es a la suma de masas de ambos.

Si una bala de fusil, por ejemplo, de peso de $^1/_{20}$ lb. y una velocidad de 1300 pies por segundo, choca con una bala de cañon colgada y de peso de 48 lbs., hará mover a esta última, y su comun velocidad será a la de la bala como $^1/_{20}$ es a $48\times{}^1/_{20}$, o como 1 es a 961; la velocidad de ambas siendo por tanto $^{1300}/_{961}$, o cerca de $1\frac{1}{3}$ pies por segundo.

Si dos cuerpos iguales corriendo en direcciones opuestas chocan entre sí, siendo uno mismo sus momentos se destruirán el uno al otro, y los dos móviles caen en el reposo. La fuerza del choque es igual a la que uno y otro sufririan, si estando en reposo fuesen golpeado por otro con doble velocidad. Si los momentos son desiguales, entonces se moverán despues del impacto en la direccion del mas grande, y el momento de los dos unidos será igual a la diferencia de sus momentos prévios, y su velocidad se hallará dividiendo aquella diferencia por la suma de las masas.

A veces móviles que van en direcciones iguales pueden chocar, si las velocidades son diferentes. Si un móvil no-elástico alcanza a otro, el primero acelerará el segundo, y éste retardará al primero hasta que hayan adquirido una velocidad comun, cuando se moverán juntos. Moviéndose estos en una misma direccion, no hai aumento o disminucion de momento total por el impacto, sino solo una redistribucion. Si son iguales en masa, sus velocidades, despues del impacto, será la mitad de sus velocidades previas, v. gr.; si ántes del impacto, A tenia una velocidad de 6, y B una velocidad de 4, entonces la velocidad comun de ambos será 5.

Los móviles pueden tener masas como velocidades desiguales. Por ejemplo: si la masa de A es 8, y su velocidad 17, su momento será 136; si B tiene una masa de 6 y velocidad de 10, su momento será 60. La suma 196, que es el momento total de las masas unidas despues del impacto; y la suma dividida por la suma de las masas da 14, la velocidad comun.

Estas leyes pueden verificarse experimentalmente, colgando dos esferitas que caigan en el centro de un arco graduado y produzcan el impacto conforme a las condiciones descritas.

Impacto de cuerpos elásticos.—Cuando el choque o golpe ocurre entre cuerpos perfectamente elásticos, la pérdida de momento en cada uno es doble a la de los cuerpos no-elásticos; pero su naturaleza y leyes se explican en otra parte (§§ 45 y 92).

Fuerza viva.

67. Fuerza viva (*vis viva*) o fuerza del golpe de un móvil, es el impacto de un cuerpo cuando hiere a otro en reposo.

---

si la masa en reposo es doble a la del móvil? Ejemplo. Cual es el efecto, si dos cuerpos tienen masas como velocidades desiguales? Cual si dos móviles se encuentran en direcciones opuestas? Cual si un cuerpo no-elástico alcanza a otro? 67. Qué es

Si este es penetrable la fuerza viva se estima por la *profundidad* a que penetra una sustancia.

Esta fuerza se confunde a veces impropiamente con el momento, aunque aquella es el producto del peso por el *cuadrado de la velocidad.* Dos cuerpos en movimiento pueden tener el mismo momento, y diferir sin embargo considerablemente en fuerza viva.

Supongamos que la bala A de 200 lbs. de peso y 2 millas de velocidad por minuto, tiene un momento de 200 multiplicado por 2, o sea 400. La bala B de 20 lbs. de peso y 20 millas de velocidad por minuto, tiene tambien un momento de 400 (20×20). ¿Cual de ellas posee mayor fuerza viva?—A es igual a su peso 200, multiplicado por el cuadrado de la velocidad 4; o sea 800. Ahora B es igual a su peso 20, multiplicado por el cuadrado de su velocidad 400; es decir, 8,000. Hé aquí como, aunque los momentos de dos balas son los mismos, la fuerza viva de B es mas grande que la de A; y si ambas fuesen lanzadas en una pila de arcilla humedecida, B penetraria diez veces mas adentro que A.

68. A medida que la velocidad de un cuerpo crece, su fuerza viva tambien aumenta, aunque en una proporcion mas grande.

Si un convoi de wagones, por ejemplo, va corriendo 50 millas por hora, y otro tren del mismo peso 10 millas por hora solamente, la fuerza del primero no estará a la del segundo en relacion de 50 a 10, sino como el cuadrado de 50 es al cuadrado de 10, es decir, como 2,500 a 100. El primer tren causaria por eso 25 veces mas daño que el último al otro tren u objeto con que llegara a estrellarse, o a si mismo si descarrilara. Esto está comprobado por la esperiencia.

69. *Regla.*—Para encontrar la fuerza viva de un móvil, multiplicad su peso por el cuadrado de la velocidad.

Si se trata de comparar la fuerza viva de un móvil con la de otro, reducid el peso y la velocidad de ambos a unidades de la misma denominacion.

Ejemplo. La piedra A que pesa 1 libra, es lanzada con una fuerza de 20 pies cada segundo. La piedra B que pesa 3 lbs. es lanzada con una fuerza de 2,400 pies por minuto. ¿Cual de ellas penetrará mas adentro un banco de nieve?

20 veces 20 son 400 = al cuadrado de la velocidad de A.

400 × 1 (peso de A) = 400 que es la fuerza viva de A.

Reducid la velocidad de B a la misma denominacion de la de A. Si B

---

fuerza viva? En qué es distinta del momento? Ejemplo. 68. Cómo aumenta la velocidad de un cuerpo comparada con su fuerza viva? Resolved el problema por la regla dada. 69. Dad una regla para hallar la fuerza viva de un móvil. Qué es preciso hacer antes de resolver el problema? Demostracion práctica.

se mueve 2,400 pies en un minuto, se moverá en un segundo $^1/_{60}$ de 2,400, o sea 40 pies.

40 veces 40 son 1,600 = al cuadrado de la velocidad de B.

1,600 × 3 (peso de B) = 4,800, la fuerza viva de B.

Respuesta.—Siendo la fuerza viva de A 400, y la de B 4,800, B penetrará un monton de nieve 12 veces mas adentro que A.

EJERCICIOS.

1. (*Véase regla* 1, § 56.) Un lebrel corre 30 millas en tres horas. Cual es su velocidad?
2. En la época mas floreciente de Atenas, la ciudad tenia 25 millas de circunferencia. ¿Con qué velocidad necesitaba un ateniense andar para recorrerla en 5 horas?
3. Una paloma volará 100 millas en 2 horas. Cual es su velocidad?
4. P anda 2 millas en 30 minutos; Q anda 4 millas en 2 horas. Cual anda con mas velocidad?

OBSERVACION.—*Téngase presente que las diferentes denominaciones deben reducirse a una sola, como se ve en el* § 64.

5. La corriente de un rio rápido corre 1,200 pies en 2 minutos; un caballo anda a trote regular 30 pies en 3 segundos. Cual se mueve con mas velocidad?
6. (*Véase regla* 2, § 56.) Estrabon nos dice que la antigua Ninive tenia 47 millas de circunferencia; ¿qué tardaria una persona para andarla toda al rededor a razon de 10 millas por dia?
7. El bombardeo de Ostende, costa de Holanda, se oyó en Lóndres 70 millas distante. Hai 5,280 pies en la milla, y el sonido se estiende 1,142 pies por segundo. ¿Cuantos segundos despues de tirarse el cañonazo en Ostende vino a oirse en Lóndres?
8. De la base a la cúspide de la Pirámide de Cheops hai 704 pies; ¿cuanto ocupará a una persona en ascenderla, subiendo 4 pies por segundo?
9. Una bala de rifle corre 1,000 millas por hora. Si pudiera mantener la misma ligereza, ¿cuanto tardaria en cruzar el Océano Atlántico en su parte menos ancha de 3,000 millas?
10. La luz se mueve 200,000 millas por segundo; la electricidad 288,000 millas en el mismo tiempo. ¿Cuanto tardará para que veamos el relámpago de una nube distante 2 millas, y cuanto para que el rayo hiera un objeto que está a nuestro lado, y cuanto para que oigamos el trueno?
11. En el año de 1804 el célebre físico Gay Lussac se elevó en un globo a la altura de 4 $^1/_2$ millas, y bajó a razon de 660 pies por minuto; ¿cuánto tardó en descênder?
12. (*Véase regla* 3, § 56.) Algunos ventisqueros de los Alpes cambian de lecho 25 pies cada año. ¿Cuanto cambian en 4 años?
13. El cometa observado por Newton en 1680 se movia 880,000 millas en una hora. El intervalo entre sus apariciones es de 600 años. ¿De qué largo era su órbita?

14. Cual atravesará un espacio mas grande; ¿el huracan corriendo 80 millas por hora, en 4 horas; o la locomotora andando 30 millas por hora, en 10 horas?

15. La tierra se mueve en su órbita 67,374 millas por hora, y tarda 365 dias y 6 horas en completar su revolucion. ¿De qué largo es su órbita?

16. Si un rayo de luz se mueve 720,000,000 millas por hora, a qué distancia iria en un dia?

17. (*Véase reglas*, §§ 63, 69.) Una bala de cañon de 24 libras se mueve a razon de 1,000 millas por hora. Un ariete de batir de 10,000 libras de peso se mueve a razon de 10 millas en una hora. ¿Cómo comparan ambos en momento?—*Resp.* Como 24 a 100; es decir, la bala de cañon tiene un poco ménos que una cuarta parte del momento del ariete.

¿Qué comparacion hai entre la fuerza viva de la dicha bala de cañon, y la del ariete? esto es, su efecto comparativo contra los muros de una fortaleza.—*Resp.* El de la bala seria 24 veces mas grande que el del ariete.

18. Un mole de hielo de 50,000 toneladas se mueve 2 millas por hora. Una avalancha de 10,000 toneladas de nieve desciende con la velocidad de 10 millas por hora. Cual de ellos tiene mas momento?—Cual mas fuerza viva?

19. ¿Qué diferencia hai entre el momento de una bala de a 16 lbs., con la velocidad de 2,000 millas por hora, y la de una de a 32 lbs. con la velocidad de 1,000 millas por hora?

¿Cual de ellas penetraria mas adentro un banco de arcilla húmeda?

20. Una locomotora de 30 toneladas de peso se mueve con la velocidad de 40 pies por segundo. Otra locomotora de 25 toneladas anda 4,800 pies en un minuto. Cual de ellas tiene mas velocidad?—Cual mas momento?

Si la una con ménos fuerza viva penetra 10 pies en un banco de nieve, ¿cuánto penetrará la otra?

21. Una piedra de 15 onzas de peso es lanzada a mano con la velocidad de 1,320 pies por minuto. Una bala de rifle de 3 onzas es disparada en una proporcion de 15 millas por minuto. Cómo comparan en velocidad? Cómo en momento?

¿Cuantas veces mayor es la fuerza viva de la bala de rifle, que la de la piedra?

22. La maza de un martinete de clavar estacas, o Maza de Fraga, pesa 500 lbs. y se deja caer de una altura de 12 pies. Qué será su momento al golpear la estaca?

CAPÍTULO IV.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

LEYES DEL MOVIMIENTO.

Definiciones matematicas.

70. Antes de pasar a tratar de las leyes del movimiento, será conveniente definir los términos matemáticos que se emplean en esta parte de la Física elemental.

Fig. 13.

A —————— B

Fig. 14.

C —————— D
E —————— F

Fig. 15.

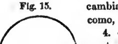
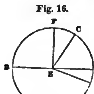


Fig. 16.



1. *Linea recta*, es la que tiene la misma direccion, que es la mas corta, de un extremo al otro; como, A B.

2. *Lineas paralelas*, son las que corren en la misma direccion; como, C D, E F.

3. *Linea curva*, o Curva simplemente, es la que cambia continuamente su direccion de un punto a otro; como, G H.

4. *Circulo*, es una figura limitada por una curva, cuyos puntos son equidistantes de otro punto en el medio, que se llama *centro*. La fig. 16 representa un circulo, y E su centro.

5. La *circunferencia* de un círculo es la curva que lo encierra; como, A C F B D.

6. Toda parte de la circunferencia se llama *arco;* como, A C, C F.

7. *Diámetro* de un círculo es la línea recta que pasa por su centro y termina en ambos estremos de la circunferencia; como, A B. Todo círculo tiene un sin número de diámetros iguales entre sí.

8. *Radio* de un círculo es la línea recta que sale del centro a la circunferencia; como, E D, E C, E F, E A, E B. Todo círculo contiene un número indefinido de radios iguales entre sí. El radio de un círculo es justamente la mitad del diámetro.

9. La *tanjente* de un círculo es la línea recta que toca la circunferencia

---

70. Qué es linea recta? Qué son lineas paralelas? Qué es una curva? Qué es un círculo? Qué es la circunferencia de un círculo? Qué es arco? Qué es diámetro? Cuantos diámetros tiene un círculo? Qué es radio? Cuantos radios tiene un

al exterior en un solo punto sin cortarla en ninguna parte; como A B, C D.

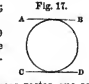


Fig. 17.

10. La circunferencia del círculo está dividida en 360 partes iguales, que se llaman *grados*. Una cuarta parte de la circunferencia contiene 90 grados, y se llama *cuadrante*.

11. Un *ángulo* es la diferencia en la direccion de dos líneas rectas que se encuentran o cruzan entre sí.

12. *Vértice* de un ángulo es el punto en que se juntan sus líneas; como D en fig. 18.

Un ángulo dibujado toma el nombre de la letra en su vértice, si forma allí un ángulo solo. De otro modo se denomina por las letras en cada costado y en el vértice, colocándose en el medio la del vértice. Asi el ángulo en la fig. 18 se llama D; y si se formara allí mas de un ángulo, se les distinguiria como C D B o B D C.

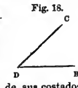


Fig. 18.

El tamaño de un ángulo no depende de la longitud de sus costados, sino simplemente de la diferencia de direccion. Podemos estender las líneas D C, D B tanto como queramos, sin hacer por eso el ángulo D mas grande.

13. Cuando una línea recta concurre en un punto con otra línea recta, de manera que formen dos ángulos adyacentes iguales, es decir, que no se inclinen de un lado mas que de otro, se dice que es *perpendicular* al segundo; y el ángulo que forma de uno y otro lado, se llama *ángulo recto*. Asi F E B y F E A (siendo iguales) son ángulos rectos, y la línea F E es perpendicular a la línea A B.

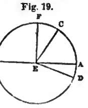


Fig. 19.

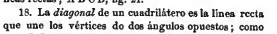
Un ángulo recto, como se ve, se mide por un cuarto de la circunferencia del círculo, o sea 90 grados.

14. El *ángulo obtuso* es uno mas grande que el ángulo recto; como F E D en fig. 19.

15. El *ángulo agudo* es uno menor que el ángulo recto; como F E C en fig. 19.

16. Un *triángulo* es una figura limitada por tres líneas rectas; como A B C, fig. 20.

Fig. 20.



17. Un *cuadrilátero* es una figura limitada por cuatro líneas rectas; A B C D, fig. 21.

18. La *diagonal* de un cuadrilátero es la línea recta que une los vértices de dos ángulos opuestos; como A C, D B, en la fig. 21.

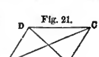


Fig. 21.

19. El *paralelógramo* es un cuadrilátero cuyos costados opuestos son paralelos; como A B C D, fig. 21.

círculo? Qué es tanjente? Qué es un cuadrante? Qué es un ángulo? Qué es vértice de un ángulo? Qué nombre toma un ángulo? De qué depende su tamaño? Qué es perpendicular? Qué es ángulo recto? Qué es un ángulo obtuso? Qué agudo? Qué es triángulo? Qué es cuadrilátero? Qué es diagonal? Què es paralelò-

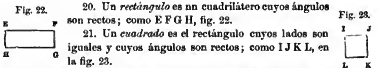


Fig. 22. Fig. 23.

20. Un *rectángulo* es un cuadrilátero cuyos ángulos son rectos; como E F G H, fig. 22.

21. Un *cuadrado* es el rectángulo cuyos lados son iguales y cuyos ángulos son rectos; como I J K L, en la fig. 23.

22. Una *esfera* es un sólido limitado por una superficie curva en la que todos los puntos son equidistantes de su centro; como A B C D, fig. 24.

Fig. 24.

C D B

23. El *eje* de una esfera es la linea recta que pasa por su centro y termina en su superficie, y al rededor de la cual gira; como la linea recta que liga A y B en la fig. 24.

24. Los *polos* de una esfera son las extremidades de su eje; como los puntos A B en la fig. 24.

25. El *ecuador* de una esfera es el gran círculo que imaginamos al rededor de su superficie a media distancia entre sus polos; como el círculo C D, fig. 24.

26. Una *esferóide oblonga* es una figura que se diferencia de la esfera solamente en que *se achata* ácia sus polos, como una naranja.

27. Una *esferóide prolongada* es la figura que difiere solo de la esfera en que *se ensancha* mas bien ácia sus polos, como un limon.

28. Un *cilindro* es un cuerpo circular de diámetro uniforme, cuyos estremos forman círculos iguales y paralelos. Un lápiz ántes de cortarse, es un cilindro; y un cañon de chimenea es un cilindro hueco.

71. Investigando los principios del movimiento, Newton llegó a descubrir tres grandes leyes admitidas hoi por todos los físicos.

Primera lei del movimiento.

72. *Un cuerpo en reposo permanece en reposo, un cuerpo una vez en movimiento se mueve en línea recta con celeridad uniforme, a ménos que alguna fuerza externa venga a obrar sobre él.*

Esta lei es una consecuencia de la inercia. Ningun cuerpo tiene poder para moverse por si mismo, dejar de moverse, ni cambiar de direccion o velocidad.

73. El aire es un agente poderoso para detener el movimiento. Esto se demuestra haciendo dar vueltas a una rueda en el aire; y despues en un tubo

---

gramo? Qué es rectángulo? Qué un cuadrado? Qué es esfera? Qué es eje de una esfera? Qué son los polos de una esfera? Qué es ecuador? Qué es esferoide oblonga? Qué prolongada? Qué es cilindro? 71. Cuantas son las leyes de Newton? 72. Cual es la primera? 73. Cómo se prueba la agencia del aire en parar el movi-

o recipiente de vidrio del que se ha extraido todo el aire por medio de una máquina neumática. En el primer caso la rueda se parará pronto; en el último retiene su movimiento por mucho tiempo. Asi tambien un péndulo (véase § 138) vibrará casi todo un dia dentro de un recipiente vacío.

74. Friccion o roce es la resistencia que un cuerpo encuentra segun la superficie en que se mueve. Cuanto mas áspera sea esta, mayor será su friccion; y tanto mas presto el móvil caerá en el reposo. Una esfera que se echa a rodar en un camino pedregoso pronto se parará por los obstáculos que encuentra; en un empedrado nivelado, va mas lèjos, y mucho mas léjos todavia si rueda sobre un parejo lecho de hielo. La razon de esto es porque la friccion disminuye a proporcion que la superficie por que corre es mas llana y limpia de estorbos.

75. Conforme a esta lei, todo cuerpo dejado simplemente a merced de la fuerza que lo pone en mocion, se dirije en línea recta. Pocos movimientos de esta clase se observan, con todo, en la naturaleza. Los planetas en sus órbitas, los rios en sus lechos, las olas en sus ondulaciones, y el humo que caracolea al subir, todos muestran en sí el efecto de otras fuerzas obrando sobre ellos, a mas de la que los pone en movimiento. La tendencia de todo móvil, empero, es a dirigirse en línea recta, aun cuando por causas o fuerzas superiores se mueva en círculo.

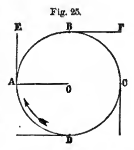


Fig. 25.

Atad una bola a una cuerda, y sujetando esta a un punto como O, dad a la bola un empuje decidido. Se notará entonces que se mueve en un círculo, A B C D, porque el hilo la mantiene a una cierta distancia del centro; y si no fuera por esto, se moveria en línea recta. Cortad ahora la cuerda cuando la bala está en A, y vereis que se dirige a E en una tanjente al círculo A B C D: haced lo mismo cuando en B, y partirá en una tanjente a F, y asi en C, D, o cualquier otro punto.

76. Fuerza centrífuga.—La fuerza que tiende a hacer salir un cuerpo del centro sobre que gira, se llama *fuerza centrífuga.*

La fuerza contraria que atrae un cuerpo ácia el centro sobre que gira, se llama *fuerza centrípeta.*

Espléndidos ejemplos de estas dos fuerzas vemos en los

---

miento? 74. Qué es friccion? Qué cuerpos la ofrecen? 75. En qué direccion se mueven los cuerpos? Demostracion. 76. Qué es fuerza centrífuga? Qué centrípeta?

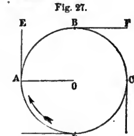
planetas moviéndose en el espacio al rededor del sol. A cada punto de sus órbitas parece que tienden sucesivamente a desprenderse en tanjentes, perturbando la armonía del universo y llevando la desolacion a su paso. Sin embargo, ellos estan encadenados fuerte y constantemente por una fuerza centrípeta igualmente poderosa, como es la atraccion del sol; y el resultado es que giran formando curvas.

Fig 26.

Ejemplos familiares.—Suspended nn vaso de vidrio que contenga agua colorada, por medio de una cuerda atada a sus bordes, como se ve en la fig. 26. Retorced la cuerda todo lo que pueda dar de sí, de modo que soltándola de repente, el vaso gire en el sentido opuesto con tal rapidez qne la fuerza centrífuga rechazará el agua de su centro. Como esta no puede desparramarse, se agrupa ácia las paredes del vaso; mas si hubiere mucha agua, rebosaria por sus orillas y saltaria fuera en líneas rectas.

En el uso de la honda aprovechamos tambien la fuerza centrífuga. La mano es el centro al rededor del cual hacemos girar la piedra puesta en nna correa pendiente de dos cordones. En el instante que largamos uno de estos, la fuerza centrifuga arrebata la piedra en una tanjente al círculo que describia. Su direccion variará conforme al punto en que soltamos el cordon, como se ve en la fig. 27 ya descrita. En manos de los persas, los rodianos y otros pneblos de la antigüedad, la honda era nna arma de guerra mni terrible.

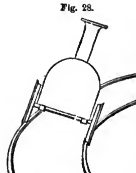
Fig. 27.



Cnando un carro da vuelta una esquina rápidamente, está mni espnesto a volcarse por efecto de la fuerza centrífuga. La persona que va en él siente su cuerpo perder el balance, y en algnnos casos habrá de asirse para no ser lanzada fuera de su lugar. A fin de neutralizar la fuerza centrífuga en las curvas de un camino de hierro, se pone el riel o carril de afuera mas alto qne el de adentro, como se manifiesta en la fig. 28. Sin esta precaucion, el convoi que intentara pasar con rapidez una curva, descarrilaria mni a menudo.

El instinto enseña a un caballo, que para correr en nn círculo peqneño debe inclinar su cuerpo para dentro, a fin de contrariar los efectos de la fuerza centrífuga. Por la misma razon el ginete que lo cabalga se inclina ácia el centro, cuando va corriendo por el circo.

Ejemplos. 77. Demostradlo con el aparato fig. 26. Ejemplo de la honda y de los carruages. Qué se hace en las curvas de los ferro-carriles? Como evita el caballo el


Fig. 28.

El juglar hace uso de la fuerza centrífuga para asombrar al público con la *prueba* o experimento representado en la fig. 29. A B es una rueda con una pina ancha, sobre la que se pone por dentro una copa parcialmente llena de agua; y entonces se voltea la rueda con rapidez sobre su eje O. Si a la rueda se aplica una fuerza de movimiento suficiente, no solo la copa sino el agua quedaran en su lugar sin derramarse una gota, aunque aquella esté en un punto como W. La pesantez que haria precisamente caer la copa, si la rueda estuviera detenida, es ahora completamente anulada por la fuerza centrífuga.

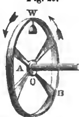


Fig. 29.

78. *Lei de la fuerza centrífuga.*—La fuerza centrífuga de un cuerpo giratorio crece en la proporcion del cuadrado de su velocidad. De aqui es, que si la tierra girara al rededor del sol con dos veces la rapidez de ahora, su fuerza centrífuga seria 4 veces mayor; si 3 veces mas rápida, 9 veces mayor; si 4 veces, 16 etc.

Esto esplica porque una cuerda atada a una piedra que hacemos girar rapidamente, sobre nuestra cabeza, como en la honda, se rompe mas facilmente que otra que circulamos con lentitud. Cada vez que doblamos la velocidad, la tension de la cuerda ha aumentado el cuádruplo.

79. *Efectos de la fuerza centrífuga sobre los cuerpos giratorios.*–La fuerza centrífuga actua no solo sobre los cuerpos que se mueven en curvas, sino tambien en aquellos fijos que giran en sus propios ejes.

Cuando se da vuelta a grandes ruedas por medio de una máquina, la fuerza centrífuga de la circunferencia viene a ser un agente de inmenso poder. A ménos que aquellas esten hechas de un material mui fuerte, su cohesion cederá pronto a la fuerza centrífuga, y volarán al aire en pedazos. Enormes piedras de moler se rompen a menudo, cuando se las hace girar con mucha velocidad. La fig. 30 representa una esfera dando vueltas sobre su eje. Todas las partes de

---

efecto de la fuerza centrífuga? Como usan los juglares de esta fuerza? 78. Cuál es la lei de la fuerza centrífuga? Porqué los hilos de la honda se rompen facilmente? 79. Sobre que cuerpos actua la fuerza centrífuga? Qué efecto produce en ruedas

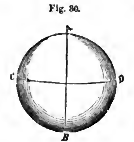


Fig. 30.

su superficie tienen que completar su revolucion precisamente en el mismo tiempo; y como las partes sobre el ecuador CD distan mas del eje, y tienen una mayor distancia que recorrer, necesitan moverse mas rapidamente que el resto. Ahora bien, hemos visto que la fuerza centrífuga crece con el cuadrado de la velocidad; y por tanto será mas fuerte en el ecuador CD que en el resto de su superficie.

De aquí la lei general:—En una esfera girando, la fuerza centrífuga es mas intensa en el ecuador, y mengua desde este punto ácia los polos hasta desaparecer enteramente.

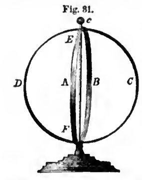


Fig. 31.

80. La diferencia de intensidad de la fuerza centrífuga en sus diversos puntos se manifiesta patentemente en una esfora de arcilla húmeda, que se hace girar rapidamente, como lo ejecutan en el torno los alfareros. La tendencia a esparcirse de las partículas en el ecuador y cerca del ecuador es tan fuerte, que la esfera se ensancha en sus costados, miéntras se achata en proporcion ácia los polos.

Un resultado semejante se produce con el aparato representado en la fig. 31. Dos aros de metal delgados y flexibles estan puestos formando ángulos rectos entre sí, sobre el eje EF,—fijos en el estremo F, pero sueltos en E, de modo que se puedan mover libremente de arriba abajo en la vara del medio EF. Se da ahora un rápido movimiento de rotacion a los aros, y tomaran una forma ovalada, que va creciendo mas y mas a medida que aumenta su velocidad. Cuando se les para, se alzan a su posicion original en E.

81. Obrando la fuerza centrífuga del modo que queda descrito, es como se supone que la tierra adquirió su presente forma. Parece que la materia de que se compone nuestro planeta, fuera en otro tiempo blanda, y vino a consolidarse con este movimiento rápido de rotacion, ensanchándose ácia el ecuador y deprimiendose ácia los polos. De esta manera la tierra se hizo oblonga, su distancia de polo a polo siendo 26 millas ménos que el diámetro ecuatorial.

---

grandes? Cual es la lei general? 80. Ejemplo do la arcilla. Demostracion con el aparato en fig. 31. 81. Supuesto efecto de la fuerza centrífuga en la formacion de la

Segunda lei del movimiento.

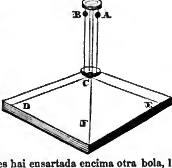
82. *Una fuerza dada produce siempre el mismo efecto, ya sea que el cuerpo sobre que actúa esté en mocion o en reposo; y no importa si esta fuerza sola u otras operen en él al mismo tiempo.*

Al girar la tierra sobre su eje, arrastra todas las cosas en su superficie con una gran velocidad de oeste a este; y sin embargo, una fuerza que obra sobre un objeto en la misma superficie lo hace mover en la misma direccion y con la misma rapidez, como si la tierra estuviese en reposo.

Soltad una piedra de la punta del mastelero mayor de un buque y caerá al pie del mismo mástil, esté o no en descanso la nave.

Una persona sentada en un carruage tira acia arriba una naranja y la coje en la mano, ande o no el vehículo.

Fig. 32.

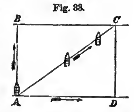


83. *Movimiento simple.*—El movimiento simple es aquel producido por una sola fuerza.

84. *Movimiento resultante.*—El movimiento resultante es producto de la accion de mas de una fuerza.

El movimiento resultante se demuestra con el aparato representado en la fig. 32. La bola C está colocada en un marco cuadrado entre dos alambres perpendiculares, en cada uno de los cuales hai ensartada encima otra bola, la cual bajándose ha de dar contra el lado de C. Dejad caer la bola A y empujará C acia E; lo que es un movimiento simple. Dejad caer la bola B, y arrojará C a D; y este tambien es un ejemplo de movimiento simple. Dejad caer A y B al mismo tiempo, y ambas impelerán C a F; y entonces es un movimiento resultante.

Fig. 33.



85. Nos ofrece un caso de mocion resultante el bote en que una persona trata de cruzar un rio acia el norte, mientras la corriente lo impele acia el oeste. Cada fuerza produce su efecto como si obrara por si sola; y el botero despues de pasar el rio, se encontrará que no está al norte ni al oeste del punto de donde partió, sino al noroeste. —Si a mas de los remos del botero y la corriente,

tierra. 82. Cual es la segunda lei del movimiento? Ejemplos familiares. 83. Qué es movimiento simple? 84. Qué es movimiento resultante? Describidlo en el apa-

soplara tambien el viento, habria otra fuerza en accion; y entonces el bote nos mostraria el ejemplo de un movimiento resultante causado por tres fuerzas combinadas.

86. El paralelógramo del movimiento.—Si se examina bien las figuras 32 y 33, se verá que un cuerpo solicitado por dos fuerzas toma una direccion diagonal, entre las dos líneas en que de otra manera se habria movido separadamente.

En la fig. 33, el botero partiendo de A remaria acia B; mientras la corriente lo arrastraria al mismo tiempo a D. Cuando ambas fuerzas combinadas entran en accion, y queremos obtener la direccion que el bote tomaria y el punto donde habria de arribar, trazamos solo los otros lados del paralelógramo BC, DC; y la diagonal A C mostrará el curso del bote, y su estremidad C el punto de arribo.

87. Si las dos fuerzas son iguales, el cuerpo se moverá en la diagonal de un cuadrado, esto es, directamente entre las líneas en que aquellas lo habrian impelido. Si una es mas poderosa que la otra, el paralelógramo debe construirse en conformidad.

Fig. 34.

B C A D

Por ejemplo. Suponed que la fuerza empleada por el remador sea dos veces mas grande que la de la corriente. Entonces al tiempo que arribara a B, la corriente habria llevado su bote una mitad de aquella distancia, a D. Completando ahora el paralelógramo como en la fig. 34 y tirando la diagonal A C, venimos a cuenta que bajo la accion combinada de estas fuerzas el esquife arribaria a C.

Lei tercera del movimiento.

88. *Accion* es la fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro sometido a su operacion.

Reaccion es la fuerza contraria que el cuerpo operado o recipiente ejerce a su vez sobre el operante.

La tercera lei del movimiento es como sigue:—*La reaccion es siempre igual a la accion, y contraria a ella en direccion.*

89. *Ejemplos de accion y reaccion.*—Golpeamos un huevo sobre una mesa,

---

rato fig. 32. 85. Ejemplo de una resultante en el caso del bote. 86. Qué direccion sigue un cuerpo solicitado por dos fuerzas? Ejemplo en la fig. 33. 87. Cuando dos fuerzas son iguales, ¿cómo se mueven los cuerpos? Cómo si desiguales? Aplicad este principio a la fig. 34. 88. Qué es accion? Qué reaccion? Cual es la tercera lei

y esta reacciona sobre el huevo con la misma fuerza y en direccion opuesta, quebrando su cáscara. Tiramos un carro, y sentimos la reaccion en la resistencia que opone. Un pájaro azota con sus alas al volar el aire, y este reacciona y sostiene a su vez al ave. Uno dispara una escopeta, y la esplosion de la pólvora lanza adelante la bala; pero el aire conmovido reacciona sobre el arma y la hace recular contra el bombro del tirador. Un remero apoya sus remos contra el agua; .y esta reacciona e impele el bote en la direccion encontrada. Dos botes de igual peso, A y B, estan atados por una cuerda: un hombre en A tira de la soga, y la accion y reaccion siendo iguales, no solo atraerá B acia él, sino que el bote A que lo sostiene, se moverá con la misma velocidad acia B.

90. La fuerza de reaccion mata a un hombre que cae de cierta altura sobre un empedrado duro. Otro que de la misma distancia cayera sobre un lecho de plumas, poco o nada sufriria; no porque fuese *menor* la reaccion, sino porque es *mas gradual*, y su cuerpo no recibe un golpe tan fuerte. Por la misma causa, si al venir a abordarse dos buques, se interpone en tiempo entre ellos un rollo de cables u otra sustancia mas blanda que la madera, la fuerza de colision es adormecida, y puede quizá evitar un desastre.

Obrando el mismo principio, sucede que una bala que penetraria facilmente una tabla no pasaria una almohada, pues esta opone a su movimiento una reaccion gradual y no instantánea como la primera. Asi tambien una persona puede agarrar sin daño alguno una piedra que ha sido arrojada, si en el acto de hacerlo deja a su mano seguir la direccion del proyectil, a fin de hacer gradual su reaccion.

91. La reaccion anonada muchas veces la accion. Este es el caso del individuo que se dice creyó poder salvar un vallado tirando del asidero de sus botas. Bien podia el buen hombre tirar como quisiera, el resultado era que el impulso que se daba para arriba era contrabalanceado por un impulso igual para abajo, y los mayores esfuerzos posibles no podian deshacer la lei natural—que la accion y reaccion son iguales en fuerza y opuestas en direccion.

Fig. 85.



Tambien se cuenta de otro hombre mui agudo, que colocó un enorme fuelle sobre la popa de su balan-

del movimiento? 89. Ejemplos familiares de ella. 90. Qué causa la muerte de una persona que cae en un empedrado duro? Por qué no muere si cae en un lecho blando? Dad otros casos de reaccion gradual. 91. Cual es el efecto comun de la reac-

dra, para de este modo tener a la mano constantemente una buena brisa. Mas cuando quiso valerse de su invento, encontró, mui a su desagrado, que con todo su sopladero no podia hacer andar una pulgada a su embarcacion; porque la reaccion del aire sobre el fuelle la hacia retroceder tanto como su accion sobre las velas la impulsaba adelante.

92. ACCION Y REACCION EN LOS CUERPOS NO-ELÁSTICOS Y ELÁSTICOS.—La accion y reaccion son siempre iguales, pero se manifiestan de un modo mui diferente en los cuerpos no-elásticos y elásticos. Esta diferencia es mui perceptible en dos bolas suspendidas, la una de arcilla suave no-elástica y la otra de marfil elástico.

Fig. 36.

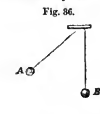
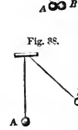


Fig. 37.

A B

La fig. 36 representa dos bolas de arcilla, o no-elásticas. Se alza y deja caer A; y si no encuentra resistencia se levantará a la misma altura al otro lado. Mas chocándose con B, le imparte una porcion de su movimiento, y ambas juntas siguen adelante, como se nota en la fig. 37, aunque solo hasta la mitad de la distancia que hubiera ido por si sola. La reaccion de B es evidentemente igual a la accion de A; porque la última pierde tanto movimiento como gana la primera.

Fig. 38.



Si las dos bolas hubieran sido de marfil u otra sustancia mui elástica, A impartiria todo su movimiento a B y ella quedaria estacionaria despues del choque; mientras que B, como en la fig. 38, oscilará hasta la misma altura que A hubiera alcanzado si no encontrara resistencia. Hé aqui de nuevo como la reaccion de B, que trae al reposo A, es claramente igual a la accion de A, que pone a B en movimiento.

93. La fig. 39 presenta otra prueba palpable de la accion y reaccion en los cuerpos elásticos. Cinco bolas de marfil estan suspendidas con hilos igualmente largos, de modo que caigan al frente de un arco graduado, por cuyo

---

cion? Cuentos ridiculos para anular la reaccion. 92. En qué dos clases de cuerpos se manifiesta distintamente la accion y reaccion? Demostrad esta diferencia con las

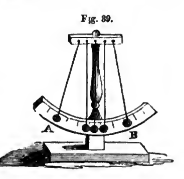


Fig. 39.

medio podemos observar la distancia en que se mueven. Tomad la primera y dejadla caer. Esta comunicará su movimiento a la segunda, y por la reaccion de ella quedará en reposo. Del mismo modo la segunda imparte su movimiento a la tercera, y por efecto de su reaccion vendrá a descanso; y asi con la tercera y la cuarta. La quinta B recibe al fin el movimiento, y no habiendo en este caso reaccion que la detenga, salta a la altura de que partiera A.

94. Movimiento reflejado.—El *movimiento reflejado* o reflejo, es la mocion de un cuerpo sacado de su curso por la reaccion de otro cuerpo con el cual ha venido en contacto. Una pelota que rebota del muro contra el cual ha sido arrojada, es un ejemplo de mocion reflejada.

Si arrojamos un cuerpo que posee poca o ninguna elasticidad contra una pared, rebotará una corta o ninguna distancia. Los casos mas notables de movimiento reflejado se ve en los cuerpos mas elásticos. Todo muchacho sabe que una pelota de caucho rebotará mas alta que una de lana forrada, y esta mas aun que otra llena de algodon.

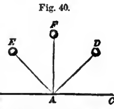


Fig. 40.

95. Cuando se arroja una pelota perpendicularmente contra otro cuerpo, rebotará en la misma línea acia la mano que la lanzó. Asi se ve en la fig. 40 que si una pelota fuese lanzada de F, contra la superficie B C y perpendicularmente a A, retrocederá en la línea A F. Si se la arroja de D se desviará acia el otro lado en el mismo ángulo, a E. Si D estuviera mas cerca de la perpendicular, la línea A E estaria tambien mas próxima a ella; y si mas remota de la perpendicular, A E estaria en proporcion mas separada.

96. El ángulo D A F descrito en la fig. 40 por el cuerpo en su curso de avance a la perpendicular en el punto de contacto, se llama el *ángulo de incidencia.*

El ángulo E A F descrito por el cuerpo en su curso de retroceso a la misma perpendicular, se llama *ángulo de reflexion.*

---

fig. 36, 37 y 38. 93. Ejemplos de accion y reaccion de cuerpos elásticos. 94. Qué es movimiento reflejado? Ejemplo. Qué cuerpos la manifiestan mas patente? 95. Demostrad con la fig. 40 como rebota una pelota. 96. Qué es ángulo de incidencia? Qué de reflexion? Gran lei de la reflexion.

La gran lei del movimiento reflejado es la siguiente :— *El ángulo de reflección es siempre igual al ángulo de incidencia.*

CAPÍTULO V.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

97. Gravedad terrestre.—Hemos hablado ya (§ 33) de la gravedad como propiedad general de los cuerpos. Cuando dejamos caer una piedra, sabemos bien que no se pierde en el aire ni se va de costado, sino que viene a tierra, lo que es debido a su pesantez o *gravedad terrestre.*

98. Gravitacion.—Dijimos tambien que la atraccion mutua de los cuerpos era universal, y que cuando se aplicaba a los cuerpos celestes, se llamaba *gravitacion.* En efecto, esta es una lei que no se limita solo a las cosas de la tierra, sino que trasciende al espacio, millones de millas, y es el principio en virtud del cual los astros estan girando perpetuamente en sus respectivas órbitas. La tierra atrae tanto al planeta Herschel a la vastísima distancia de 1,800 millones de millas, como a una piedra que cae de unos pocos pies de altura.

El mundo debe a Sir Isaac Newton el gran descubrimiento de la lei de gravitacion universal. Galileo habia ya estudiado (1590 D. J.) la pesantez de los cuerpos, pero jamas creyó que una fuerza semejante se estendiera mas allá de la tierra. Kleper fué un paso mas adelante, y habló de la gravitacion de planeta a planeta; mas no concibió pudiera tener efecto en el sistema planetario. Este hecho, uno de los mas importantes que haya alcanzado la ciencia moderna, estaba reservado descubrir al gran genio de Newton. Estando sentado una vez en su huerto (1666), vió desprenderse una manzana del árbol. Esta simple circunstancia le sugirió una serie de ideas. El sabia que la gravedad no estaba circunscrita a la tierra solamente, y que se estendia a las mas grandes alturas al alcance del hombre: ¿por qué no habia de alcanzar al espacio? por qué no afectaria aun a la luna, y la haria girar al rededor de la tierra? A fin de verificar estas suposiciones, Newton emprendió un serio y continuado trabajo de cálculos, que le dieron por resultado el

---

97. Qué es la gravedad terrestre? 98. Qué es gravitacion y que efectos produce? Quien descubrió la gravitacion universal? Narrad las circunstancias y lógica de este

principio, que la atraccion era universal y que determina las órbitas y velocidades de los planetas, causa las desigualdades que se observan en sus movimientos, produce las mareas, y ha dado aun al globo su actual forma.

99. Hai tres hechos establecidos respecto a la gravitacion :—

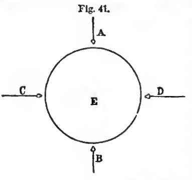
1. La gravitacion opera instantaneamente. Si se creara un nuevo cuerpo en el espacio a 1,000 millas de la tierra, su atraccion se haria sentir en el sol tan pronto como en la luna, aunque el uno distaria 95,000,000 y la otra solo 1,000 millas.

2. La gravitacion no mengua por la interposicion de una sustancia. Los cuerpos mas densos no son obstáculo a su libre accion. Si se colocara un cuerpo al otro lado de la luna, seria atraido por la tierra tanto como si aquella no estuviera por medio.

3. La gravitacion es enteramente independiente de la materia. Todas las sustancias que contienen igual cantidad de materia atraen y son atraidas por un cuerpo dado de igual fuerza. La accion del sol es la misma sobre todos los cuerpos celestes.

100. Direccion de la pesantez.—Si se deja moverse libremente un pedazo de plomo atado a un hilo, se dirigirá acia la tierra. Esto sucede en todas partes del globo. Ahora bien, como la tierra es redonda, se sigue que en dos puntos opuestos de su superficie, la plomada se inclinará en direcciones contrarias. Esto se ve por la posicion relativa de A y B, C y D, en la fig. 41. Resulta de esto que el plomo no tiene tendencia a caer en una direccion determinada, sino que se dirige de todos lados, segun el punto de la superficie de la tierra a que está mas cerca. La lei universal es, que *debe inclinarse al centro de la tierra.*

Fig. 41.



descubrimiento. 99. Qué hechos hai establecidos respecto a la gravitacion? Demostradlos. 100. Cual es la direccion de la plomada? Cual es su posicion absoluta en

No es porque haya alguna atraccion particular en el centro de la tierra, que los cuerpos tienden acia él en su caida; sino porque tal es el resultado de la atraccion de las partículas en una esfera. Las moléculas atraen a un cuerpo precipitado tanto de un lado como del otro; y este busca por consiguiente un punto entre ellas.

Dos plomadas suspendidas en diferentes lugares no tienen exactamente la misma direccion, porque los hilos de que penden vendrian a encontrarse en el centro de la tierra. En distancias cortas con todo, la diferencia es casi imperceptible, y las pesas de plomo marcan siempre el mismo punto.

101. Asi las espresiones de *arriba* y *abajo* que usamos frecuentemente para señalar el vacío o la tierra, son términos mas bien relativos. Lo que para una persona en el Brazil, por ejemplo, sea arriba, vendrá a ser abajo respecto a un habitante de las Islas Filipinas. Propiamente hablando, *abajo* o *debajo* no significa mas que el centro de la tierra, y *arriba* todo lo que sale o se aparta del centro.

102. Leyes de la fuerza de gravedad.—La fuerza de gravedad o atraccion, tomada en su mas amplia acepcion, depende de dos cosas:—1°. de la cantidad de materia; y 2°. de la distancia, conforme a las leyes siguientes:

1°. *La fuerza de gravedad crece a medida que la cantidad de materia aumenta;*

2°. *La fuerza de gravedad mengua en proporcion que el cuadrado de la distancia aumenta.*

103. Segun la primera lei, si el sol contuviera dos veces mas materia que la que tiene al presente, atraeria a la tierra con el doble de su fuerza actual; si tres veces mas, con el triple de su fuerza, etc. Obsérvese que decimos si *contuviera dos veces mas materia*, y no *si fuera dos veces mayor;* porque bien pudiera ser el duplo de su tamaño ordinario, y sin embargo ser tan raro que encerrara ménos materia y atrajera ménos que ahora.

Como hemos notado ya otra vez (§ 33) la tierra es tanto mas grande que los cuerpos que se encuentran en su superficie, que no es afectada perceptiblemente por la atraccion de estos. Si se colocara en el espacio una esfera de 500 pies de diámetro y distante otros 500 pies de la faz de la tierra, siendo esta 580 millones de veces mas grande, atraeria a la esfera acia sí, y no se moveria a encontrarla sino ménos que un noventa y seis mil millonécimo de una pulgada—una distancia tan insignificante que no vale tomarse en cuenta.

El sol es 800 veces mas grande que todos los planetas juntos; y a causa

diversas lugares de la tierra? Por qué se inclinan los cuerpos descendentes al centro de la tierra? 101. Qué significan en física las palabras arriba y abajo? 102. De qué depende la gravedad? Leyes del caso. 103. Esplicacion y efectos de la primera lei?

de esta enorme cantidad de materia su atraccion influye en los mas remotos cuerpos del sistema solar, a muchos millones de millas de distancia. Se dice que si un hombre pudiera ser trasportado a la vecindad del sol, su inmensa masa lo atraeria con tal fuerza que seria literalmente aplastado por su propio peso.

104. Conforme a la segunda lei, si el sol distara dos veces mas de la tierra que al presente, atraeria a la última con solo un $\frac{1}{4}$ de su fuerza actual; si tres veces mas, con un $\frac{1}{9}$; si cuatro, con un $\frac{1}{16}$, etc. De la misma manera, si dos masas iguales estuvieran situadas respectivamente 2 y 10 millas de la tierra, la mas próxima seria atraida no 5, sino 25 veces con mas fuerza que la mas distante.

105. Todos los cuerpos existentes en la superficie de la tierra por pequeños que sean, se atraen con mas o ménos fuerza conforme a su masa y distancia. Esta atraccion es absorbida en su mayor parte por la atraccion mas fuerte de la tierra, y no podemos por consiguiente percibirla. Sin embargo, en el caso de las montañas, es tan poderosa su influencia que se hace patente en una plomada suspendida a su base. En vez de dirigirse entonces acia el centro de la tierra, la pesa se inclina levemente a la montaña.

Los Sres. Jorge Juan y Antonio Ulloa, en consorcio de los académicos franceses, hallaron en 1738 que una plomada al pie del Chimborazo se desviaba de la perpendicular formando con ella un ángulo de 7 a 8″. Las observaciones de Maskeline en Escosia (1774) y del baron de Zach en Marsella (1810) confirmaron despues esta atraccion que un monte ejerce en la plomada.

106. Peso.—Cuando se impide a un cuerpo obedecer a su lei de pesantez, carga sobre aquel que lo sostiene con mas o menos fuerza, segun el impulso de atraccion. Esta presion que ejerce un cuerpo sobre el objeto que estorba su caida, se llama su *peso*.

El peso es simplemente la medida de la pesantez de un cuerpo, y es proporcionado a la cantidad de materia que este contiene. Una bala de hierro es mas pesada que una de corcho, porque contiene mas materia.

No siendo el peso otra cosa que la medida de la fuerza con que los cuerpos son atraidos acia la tierra, se sigue que si esta contuviera dos veces mas ma-

---

Por qué es tan fuerte la atraccion del sol? Ejemplos. 104. Cuales son las consecuencias de la segunda lei? 105. Por qué no se percibe la atraccion de los cuerpos pequeños? Qué se observa de la plomada en la base de las montañas? 106. Qué es peso? Qué relacion tiene a la gravedad y materia? Caso hipotético del peso de la tierra.

teria que la que ahora encierra en sí, aquellos pesarian doble de lo que al presente; si tres veces mas materia, el triple de peso, etc.

107. Puesto que el peso de un cuerpo es la medida de su pesantez, y desde que esta mengua a medida que el cuadrado de la distancia del centro de la tierra aumenta, se sigue que los cuerpos se hacen mas livianos en proporcion que se separan de la superficie de la tierra. Una masa de hierro que pese mil libras en la superficie de la tierra, levantada a unas 4,000 millas de altura, pesaria solo 250 libras, o un cuarto de lo que ántes.

Fig. 42.

20,000 millas
5 veces la distancia de la superficie
40 libras
$^1/_{25}$ el peso de la superficie

16,000 millas
4 veces la distancia de la superficie
$62^1/_2$ libras
$^1/_{16}$ el peso de la superficie

12,000 millas
3 veces la distancia de la superficie
$111^1/_9$ libras
$^1/_9$ el peso de la superficie

8,000 millas
Dos veces la distancia de la superficie
250 libras
$^1/_4$ el peso de la superficie

4,000 millas
Distancia de la superficie
1,000 libras
El peso de la superficie

La razon de esto es clara. Teniendo la tierra como 8,000 millas de espesor, y 4,000 del centro a su superficie; 4,000 millas fuera de su superficie a un punto en el vacío, barian 8,000 a otro en su centro. 4,000 es a 8,000 lo que 1 a 2; pero el peso en la superficie no seria al peso 4,000 millas fuera de ella como 2 a 1, sino como los cuadrados de estos números, 4 a 1. De aquí es que si pesara 1,000 libras en la superficie, pesaria solo un cuarto de esta suma a 4,000 millas distante de ella. Por la misma razon, pesaria $^1/_9$ de 1,000 libras a una distancia de 8,000 millas; $^1/_{16}$ a distancia de 12,000; $^1/_{25}$ a la de 16,000, etc. Estos resultados se observan en la fig. 42.

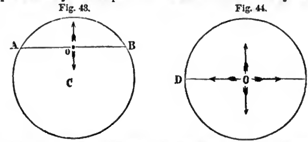
En elevaciones pequeñas, el peso que pierde un objeto es insignificante. Cuatro millas arriba de la tierra, un cuerpo que pesase 1,000 libras perderia solo dos libras. Levantado a una altura de 240,000 millas, la distancia de la luna a la tierra, su peso vendria a quedar reducido a ménos de cinco onzas.

108. Si pudieramos abrirnos camino de la superficie al centro de la tierra, hallariamos que un cuerpo pesaria ménos y ménos a medida que avanzabamos a aquel punto. El momento que descendieramos mas abajo de la superficie, de-

107. Qué efecto produce la alejacion de un objeto de la superficie de la tierra? Cual seria el peso de 1,000 libras de hierro a 4,000 millas en el espacio? Demostradlo. Qué peso pierden en cortas elevaciones? 108. En qué progresion pierde peso un

jariamos detras partículas de materia, cuya atraccion obraria en direcciones precisamente opuestas a la pesantez.

Haced asi que en la fig. 43 C represente el centro de la tierra, y O un objeto que está debajo de la superficie. Todas las moléculas debajo de la línea



A B atraen O para abajo, pero las que estan mas arriba de dicha línea la impelen acia arriba, y de este modo disminuyen su peso.

En el centro de la tierra (véase fig. 44) no tendrian peso los objetos; pues habrian tantas moléculas arriba como debajo de la linea D E, y O seria entonces atraido igualmente de ambos lados, resultando absoluta ausencia de peso.

109. Por eso todos los cuerpos que bajasen de la superficie de la tierra, se aligerarian a medida que se acercaran al centro. Su peso en un cierto número de millas debajo de la superficie, veudria a ser como sigue:

Por 1 milla debajo, tomad $^{3999}/_{4000}$ del peso de superficie.
Por 2 millas " " $^{3998}/_{4000}$ del peso de superficie.
Por 100 millas " " $^{3900}/_{4000}$ del peso de superficie.
Por 1000 millas " " $^{3000}/_{4000}$ del peso de superficie.

110. Lei del peso.—De lo que precede se deduce la siguiente lei general: *Todos los objetos pesan mas en la superficie de la tierra: ascendiendo de la superficie, su peso disminuye a medida que el cuadrado de su distancia del centro aumenta; bajando acia el centro, su peso mengua en proporcion que crece su distancia de la superficie.*

La fig. 45 demuestra como se ejecuta esta lei en el caso de un objeto que pesa 1,000 libras en la superficie de la tierra.

Fig. 45.

8,000 millas	$^1/_4$, 250 libras
7,000 millas	$^{16}/_{49}$, $326^{26}/_{49}$
6,000 millas	$^4/_9$, $444^4/_9$
5,000 millas	$^{16}/_{25}$, 640
4,000 millas	1,000 libras.
3,000 m.	750 l.
2,000 m.	500 l.
1,000 m.	250 l.
centro	0 libras.

cuerpo que se avanza al centro de la tierra? 109. Demostradlo con un ejemplo razonado. 110. Cual es la lei del peso? Aclaradla con el ejemplo de la fig. 45.

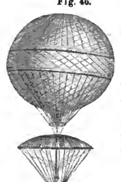
111. *Peso en las diferentes partes de la tierra.*—El peso de un cuerpo varía segun las diferentes partes de la superficie de la tierra en que se encuentra. Un pedazo de plomo que pesa, por ejemplo, 1,000 libras en los polos, pesará solo 995 libras en el ecuador.

112. Esto se debe a dos causas:—

1. El diámetro ecuatorial es cerca de 28 millas mas largo que el diámetro polar; y por eso un objeto en el ecuador está mas distante del centro y es solicitado con ménos fuerza que en ningun otro punto.

2. La fuerza centrífuga, como se ve en el § 79, es mas intensa en el ecuador, y por tanto neutraliza allí mas la atraccion acia abajo que en ninguna otra parte de la superficie, disminuyendo asi el peso. Se calcula que si la tierra girase 17 veces con mas rapidez que ahora, la fuerza centrífuga del ecuador contrarestaria del todo la pesantez, y aniquilaria con esto el peso de los cuerpos. Llévese mas allá aun la velocidad de la tierra, y todo lo que existe en el ecuador seria lanzado en el espacio.

Fig. 46.



113. El efecto general de la pesantez es atraer los cuerpos acia la tierra; pero a veces los hace tambien levantar. De este modo un globo aerostático se alza a las nubes, por que contiene ménos materia que una cantidad de aire del mismo volúmen, o en otros términos, es mas leve que el aire. La pesantez actua aquí con mas fuerza sobre el aire que el globo, y hace que aquel descienda mientras el otro se levanta.

Por la misma razon asciende el humo; y si se destapa un frasco de aceite en el fondo de un cubo lleno de agua, esta será forzada acia abajo y el aceite sobrenadará.

---

111. Qué diferencia hai en el peso en diversas partes de la tierra? 112. A qué se debe esta diferencia? Qué efectos produciria una mayor velocidad en la tierra? 113. No puede a veces el peso levantar un objeto? 114. Cual es la lei de la velocidad

Descenso de los cuerpos.

114. Velocidad de la caida.—Dejad caer de cierta altura y a un mismo instante una pluma y una moneda; y esta llegará al suelo mucho antes que la otra. La esplicacion de este hecho por los antiguos filósofos, era que la velocidad de los cuerpos descendentes estaba en proporcion con su peso. Galileo fué el primero en correjir este error (1590 d. j.), y en establecer como lei física, que *todos los cuerpos caen en el espacio con igual velocidad, y sin relacion alguna a su peso.*

Este principio fue condenado por los sabios de la época; pero el jóven genio los desafió a una prueba pública. El esperimento se verificó a la vista de un vasto concurso de gente delante de la famosa torre inclinada de Pisa. Se trajeron dos bolas, de las que una pesaba cabalmente el doble de la otra, y a una señal fueron dejadas caer de la torre al mismo instante. Hubo un momento de silencio profundo en la multitud, que esperaba con confianza la derrota y confusion del atrevido innovador de 26 años. Su asombro fue asi inmenso al saber que la razon estaba de su parte, y que las dos bolas tocaron el suelo al mismo tiempo. Repitióse el esperimento una y otra vez, y con el mismo resultado. Triunfó Galileo, mas a costa de su cátedra de matemáticas en la Universidad, pues sus envidiosos cólegas no le perdonaron jamas este desconcierto delante del público.

115. Resistencia del aire.—La causa de la diferencia en la velocidad de la caida de una pluma y una moneda, se esplica por la resistencia que el aire opone al descenso de los cuerpos que ofrecen una superficie estensa; pues la resistencia del aire está en proporcion a la mayor estension de aquellos. Convertid la misma moneda de oro ante dicha en una hoja o lámina fina, y descenderá con tanta lentitud que la pesantez apenas puede vencer la resistencia del aire.

116. Que la resistencia del aire ocasiona la diversidad de tiempo en la caida de los cuerpos, se demuestra de varios modos:—

1°. Un pedacito de papel o de lámina de oro dejados caer al suelo, flotan en el aire y su estensa superficie los hace descender lentamente; arrollad los mismos en una porcion compacta, entonces bajarán con la rapidez de una piedra.

---

en la caida de los cuerpos y quien la descubrió? Cómo hizo Galileo el experimento? 115. Qué causa la diferencia en la velocidad de la caida de los cuerpos? 116. Ejem-

Fig. 47.

2°. Extraed el aire de un tubo de vidrio (fig. 47) por medio de una bomba de aire, que se verá mas adelante; y despues con un aparato provisto al efecto dejad caer dentro simultaneamente una pluma y una moneda de cobre, y ambos tocaran fondo en el mismo instante. Introducid en seguida el aire en el mismo tubo, y se verá que la pluma cae muchos segundos despues que el centavo.

3°. En los liquidos se ve esta resistencia que opone el aire a la caida de los cuerpos, tomando un tubo de vidrio un poco grueso, como de quince pulgadas de largo. Se llena este de agua hasta la mitad, la que se hace hervir hasta que rebose, para extraer el aire; se suelda entonces a lámpara la abertura, e invirtiéndolo de un extremo a otro, se sentirá el golpe del agua que cae en masa sólida contra el vidrio. Si hubiera aire, habria esta caido en gotas o glóbulos. Este sencillo aparato se llama *martillo de agua*, y está al alcance de todos el experimentarlo.

117. El parachute.—Esta misma resistencia del aire facilita el descenso de una persona de un globo aerostático elevado a una gran altura de la tierra. Efectua esto por medio del parachute o paracaídas, que se abre como un paraguas, y está colgando debajo del globo. En el momento conveniente, el aeronauta se coloca en el canastillo debajo y se desprende atrevidamente del globo; aunque la pesantez lo impele acia bajo, la fuerza de su caida es neutralizada por la resistencia que el aire opone a la ámplia superficie del parachute, de modo que incurre poco riesgo. Para que un hombre de un tamaño regular pueda hacer esto, con seguridad, necesita emplear un parachute de 22 pies al menos de extension. La fig. 48 representa un parachute, y la 46 otro atado a un globo.

Fig. 48.

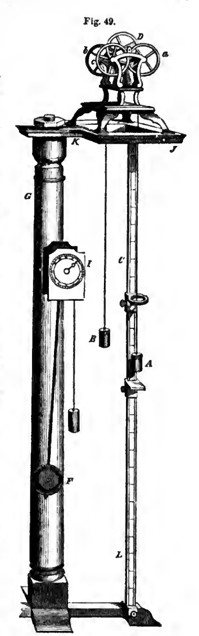
118. Espacios recorridos por la caida de los cuerpos.—Hemos visto que todos los cuerpos dejados a su pesantez caen con igual velocidad; y no hai en esto propia-

---

plos demostrativos. Cómo se demuestra la resistencia del aire en la fig. 47? Cómo son el martillo de agua? 117. Cómo el para-caidas permite descender a una persona?

mente mas que un movimiento acelerado, porque la gravedad que los pone en mocion, sigue obrando sin interrupcion. En otros términos, la pesantez da a un cuerpo cierta velocidad en el primer segundo de su descenso; continuando todavia la impulsion descendente, acrecienta esta velocidad en el otro segundo; y asi en adelante hasta tocar en tierra.

Fig. 49.



Era mui difícil antes determinar con exactitud los espacios recorridos por segundos sucesivos y la velocidad de un cuerpo descendente en cierto punto dado, a causa de la rapidez de su caida y la falta de medios para observarla. Aun las mas grandes alturas perpendiculares no bastarian, porque el cuerpo se hallaria en su base en mui pocos segundos, y antes que la mas perspicaz vista pudiera determinar sus movimientos. Varios aparatos se han inventado para remover esta dificultad y poder demostrar las leyes de la caida de los cuerpos, de los quo el mas conocido y eficaz es la *Máquina de Atwood*, inventada por un físico ingles de este nombre, profesor de Química en la Universidad de Cambridge a fines del siglo pasado.

119. *Máquina de Atwood.*—La fig. 49 representa este curioso aparato, que consiste de una columna de madera, G, como de seis pies de altura, sobre

118. Con qué especie de velocidad descienden los graves? Por qué es difícil observar sus movimientos? Cual es el objeto de la máquina de Atwood? 119. Descri-

la que está colocada horizontalmente una plancha, J K. De esta a la peana de la máquina hai una escala perpendicular de graduacion, C L, dividida en pies, pulgadas y décimos de una pulgada; y sobre la plancha J K se encuentra una rueda o polea vertical, D, cuyo eje descansa en otras cuatro ruedas, *a*, *b*, *c*, *d* (la *d* no se ve por estar detras), a fin de que haya el menor roce posible. A y B son dos pesas iguales pendientes de una cuerda mui delgada de seda (para poder prescindir de su peso) que pasa por la rueda D; F es un péndulo que vibra cada segundo y I es una muestra u horario que marca los segundos.

Ahora como B tiene justamente el mismo peso que A, hai un perfecto balance entre ellos; y si añadimos a A un pequeño peso igual a una 63 parte del peso combinado de A y B, hará descender A y por consiguiente ascender a B: mas como A ni B tienen pesantez alguna a causa de su equilibrio, resulta que la gravedad del peso agregado a A que los pone en movimiento debe dividirse en 64 partes iguales. De aqui se deduce quo A con el peso añadido tarda 64 veces mas en descender, que si hubiera sido dejado caer libremente en espacio, y el experimentador tiene entonces la oportunidad de observar su velocidad en puntos diversos y verificar las distancias relativas atravesadas por las vibraciones sucesivas del péndulo. Las distancias recorridas en el primero, segundo, tercero y cuarto segundo, etc., llevan la misma relacion entre si como si los graves estuviern cayendo naturalmente en el espacio. Habiendo disminuido tanto la velocidad, no merece tomarse en cuenta la insignificante resistencia del aire.

120. De los esperimentos con la máquina de Atwood resulta que representando la distancia atravesada en el primer segundo como 1, la recorrida en el segundo será 3; la en el tercero, 5; la en el cuarto, 7; y asi en adelante segun el órden de los números impares. La velocidad al cabo de un segundo será un medio entre 1 y 3, o 2; al fin del segundo, el medio entre 3 y 5, o 4; al fin del tercero, 6; y al fin del cuarto, 8, es decir, en la série de los números pares.

En 1 segundo baja un cuerpo $16^1/_{12}$ pies, y por tanto su velocidad al fin del primer segundo viene a ser la de dos veces $16^1/_{12}$ pies, o sea $32^1/_6$ pies por segundo. En el otro segundo desciende 3 veces $16^1/_{12}$ pies, o $48^1/_4$ pies, y a su conclusion ha adquirido una velocidad de 4 veces $16^1/_{12}$ pies, o $64^1/_3$ pies por segundo. En el tercer segundo desciende 5 veces $16^1/_{12}$ pies, u $80^5/_{12}$ pies, y al terminar viene a tener una velocidad de 6 veces $16^1/_{12}$, o $96^1/_2$ pies por segundo, etc.

Ahora en cuanto al espacio recorrido en un tiempo dado. En 1 segundo, será $16^1/_{12}$ pies; en 2 segundos, por adicion ($16^1/_{12}+48^1/_4$,) son $64^1/_3$ pies; en

bid este aparato. 120. Cuales son sus resultados? Demostrad en que proporcion aumentan la velocidad y la distancias de la caida de los graves. 121. Cual es la primera

tres segundos, ($16^1/_{12}+48^1/_4+80^5/_{12}$) $144^3/_4$ pies; en 4 segundos, ($16^1/_{12}+48^1/_4+80^5/_{12}+112^7/_{12}$) $257^1/_3$, y asi sucesivamente.

121. Estos resultados pueden reasumirse en las siguientes reglas:—

Regla 1.—Para hallar el espacio que un cuerpo descendente atraviesa durante cualquier segundo de su descenso, multiplicad $16\frac{1}{12}$ pies por aquel de la serie de números impares que corresponda con el segundo dado.

Ejemplo. ¿Cuanto andará una piedra en el décimo segundo de su caida? La série de números impares es 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, etc. El décimo es 19; multiplicad $16^1/_{12}$ por 19 y resulta $305^7/_{12}$.—*Respuesta*, $305^7/_{12}$ pies.

Regla 2.—Para encontrar la velocidad final de un cuerpo descendente al espirar cualquiera de los segundos de su caida, multiplicad $16\frac{1}{12}$ pies por aquel de la série de números pares que corresponda con el segundo dado.

Ejemplo. ¿Cual es la velocidad de una piedra que ha empleado diez segundos en caer?—La série de números pares es 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, etc. 20 aqui es el décimo; multiplicad $16^1/_{12}$ por 20 y dará $321^2/_3$.—*Respuesta*, $321^2/_3$ pies por segundo.

Regla 3.—Para encontrar todo el espacio recorrido de arriba abajo por un cuerpo descendente, multiplicad $16\frac{1}{12}$ por el cuadrado del número dado de segundos.

Ejemplo. ¿Cuanto bajará una piedra en diez segundos?—El cuadrado de 10 es 100; multiplicad $16^1/_{12}$ por 100, y tendreis $1{,}608^1/_3$.—*Respuesta*, $1{,}608^1/_{12}$ pies.

La siguiente tabla expresa la progresion en el descenso de los cuerpos, conforme a las reglas anteriores:—

Tiempos,..............................	1,	2,	3,	4,	5.
Espacio recorrido cada segundo,.........	1,	3,	5,	7,	9.
Velocidades finales por segundo,.........	2,	4,	6,	8,	10.
Espacio entero recorrido,................	1,	4,	9,	16,	25.

122. *Cuerpos lanzados de arriba abajo.*—Las reglas anteriores se aplican solamente a los cuerpos impelidos por su propia pesantez. Cuando un cuerpo es arrojado para abajo, es preciso tomar en cuenta a mas la fuerza de la impulsion.

Si se tira una piedra desde una altura con una fuerza capaz de impelerla 50 pies en un segundo, en vez de caer entonces $305^7/_{12}$ pies en el décimo segundo, como en el ejemplo de la Regla 1, bajaria 50 pies mas, o sea $355^7/_{12}$

---

regla que se deduce? Ejemplo. Cual es la segunda regla? Ejemplo. Cual es la tercera regla? Ejemplo. 122. Qué es preciso calcular en los cuerpos lanzados de ar-

pies. Su velocidad al fin del décimo segundo se obtendria igualmente añadiendo 50 pies por segundo a la velocidad producida en el ejemplo de la Regla 2: $321\frac{2}{3}+50=371\frac{2}{3}$.—Para obtener el espacio total recorrido, añadid al resultado obtenido por la regla 3, la distancia atravesada en aquel tiempo por un cuerpo arrojado desde arriba con una velocidad de 50 pies por segundo.

123. En los ejemplos precedentes, no se ha hecho deduccion de la resistencia opuesta por el aire. Aun los cuerpos mas bien formados para el descenso tienen que luchar sensiblemente para vencer esta oposicion. Segun experimentos ejecutados desde la cúpula de la Catedral de San Pablo, en Londres, resulta que un cuerpo tarda $4\frac{1}{2}$ segundos para bajar 272 pies, cuando por los principios arriba demostrados, debian descender 325 pies en el mismo tiempo. Esta diferencia que llega a casi una sesta parte de la distancia total, es debida sobre todo a la resistencia del aire.

124. Aumentando la velocidad de un cuerpo descendente $32\frac{1}{6}$ pies por segundo, no dilata mucho en adquirir una tremenda rapidez; y como la fuerza viva (*vis viva*) es proporcionada al peso multiplicado por el cuadrado de la velocidad, es claro que aun un cuerpo pequeño que cae de una distancia considerable, viene a ser un agente poderoso. De aqui nacen los desastrosos efectos de los granizos, que en algunas partes suele penetrar los techos de las casas y herir los animales en el campo, al mismo tiempo que desola las viñas y sembrados de un modo espantoso.

125. Cuerpos ascendentes.—Asi como un cuerpo descendente acrecienta en velocidad $32\frac{1}{6}$ pies cada segundo, del mismo modo otro ascendente impelido por la misma fuerza, mengua de lijereza en la misma proporcion hasta llegar al reposo. El número de segundos que dura su ascenso, se halla dividiendo por $32\frac{1}{6}$ el número de pies por segundo al tiempo de su arranque.

La altura por eso a que llega un cuerpo ascendente, depende de la fuerza con que es arrojado de abajo arriba; y

---

riba abajo? Un ejemplo de ello. 123. Qué resistencia opone el aire a los graves? Qué diferencia hai entre la teoria y la práctica? 124. Qué efectos produce la velocidad de los graves en la caida de granizo, etc.? 125. Cual es la lei de los cuerpos ascen-

si el aire no impidiera su avance alcanzaria siempre una tal elevacion como la de que tendria que caer, a fin de adquirir la velocidad de su primer arranque. Los espacios recorridos y la velocidad obtenida durante segundos sucesivos se regula por los mismos principios del descenso, solo en el órden inverso.

Una bala disparada acia arriba en el espacio con una velocidad de $321^{2}/_{3}$ por segundo, sin la resistencia del aire continnaria elevándose 10 segundos, pues para obtener una tal velocidad al salir del reposo necesitaria 10 segundos para caer. En el décimo segundo de su ascenso andaria la misma distancia que en el primer segundo de su descenso, $16^{1}/_{12}$ pies; en el noveno segundo de ascenso lo mismo que en el segundo de su descenso, $48^{1}/_{4}$ pies; en el octavo segundo de ascenso lo mismo que en el tercero de descenso, etc.

126. Conforme a este principio, una bala de rifle tirada verticalmente acia arriba, caeria sobre un objeto cualquiera con la misma fuerza con que fue descargada al principio; pero no sucede asi a causa de la resistencia del aire. Este obstáculo la impide en primer lugar subir tan alto como debiera por un sesto al menos de la distancia entera (§ 123), y todavia en su descenso perderia a mas otra sesta parte; siendo asi la suma total de pérdida casi un tercio de su velocidad, sin que le quede solo un poquito mas de dos terceras partes de la fuerza inicial.—Ahora para hallar la proporcion entre la fuerza viva de una bala cuando se la acaba de disparar y la misma fuerza al volver al punto de partida, es preciso formar el cuadrado de dos tercios, que viene a ser cuatro novenos; y tendrémos entonces por conclusion, que la bala de regreso a la superficie, hiere un objeto con menos de la mitad del efecto que hubiera producido inmediatamente despues de descargada.

Proyectiles.

127. El *proyectil* es un cuerpo arrojado al aire; como la saeta disparada por el arco, la bala descargada por un fusil y la piedra tirada con la mano.

Todo proyectil es solicitado por tres fuerzas:—

1. La fuerza con que ha sido lanzado;
2. La gravedad que constantemente lo echa a tierra; y
3. La resistencia del aire que lo invita al reposo.

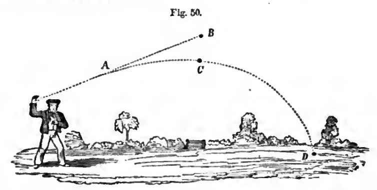
128. Curso del proyectil.—Un proyectil puede ser arrojado con tal fuerza que lo haga andar en línea recta por algun trecho, sin que todavia sea influenciado por la

---

dentes? Cómo se calcula su velocidad ascendente? 126. Qué resistencia opone el aire a una bala arrojada do abajo arriba? 127. Qué es un proyectil? Cuantas fuerzas lo solicitan? 128. Qué direccion toma el proyectil? Qué es una parabola?

pesantez o la resistencia del aire; como en el caso de la bala de cañon. Mas a medida que la velocidad disminuye, la accion promiscua de las tres fuerzas dichas se apodera de él, y lo hace describir una línea mas o menos parecida a una curva llamada la *parábola.* Cuanto menor sea la fuerza del proyectil, tanto mas presto el cuerpo cambia de la línea recta a la curva.

Fig. 50.



La fig. 50 manifiesta la direccion de una piedra arrojada oblicuamente con la mano. La impulsion la lleva en línea recta hasta A, y seguiria el mismo curso a B, si por haber disminuido la velocidad, la pesantez y el aire no la hubieran dado la mocion circular a C, haciéndola al fin caer en D.

129. Si un proyectil es lanzado verticalmente para arriba, volverá atras por la misma línea que ascendiera; si es disparado horizontalmente de una altura, describirá una curva que varia en figura segun la velocidad que originalmente se le impartiera. Cuanto mas grande sea esta velocidad, mayor será la distancia que el proyectil atraviesa; mas cualquiera que esta sea, tocará en tierra precisamente en el mismo tiempo que tomaria para caer de la altura de que fué arrojado.

En la fig. 51 tenemos un cañon plantado en nna torre a nna altnra que tomaria cuatro segundos a una bala para descender. Desprendida de la boca de esta pieza, en el primer segundo llegaria a A, en el otro a B, en el tercero a C, y en el cuarto a D. Disparada ahora con pólvora y trasportada por la fuerza de proyeccion sola, alcanzaria en el primero, segundo, tercero y cuarto segundo respectivamente a los puntos E, F, G y H; mas

Ejemplo. 129. Qué linea trazará un proyectil lanzado de abajo arriba? Qué tiempo

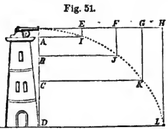


Fig. 51.

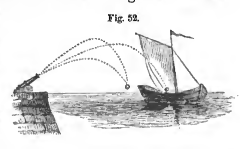
combinadas ambas fuerzas adoptaria la línea marcada con puntitos, tocando en cada segundo sucesivo las distancias señaladas con I, J, K y L. La bala *descargada* del cañon vendrá a tierra en L, justamente en el mismo tiempo que emplearia otra bala *desprendida* del mismo cañon para caer en D.

130. La resistencia del aire es casi insignificante para aquellos cuerpos en lenta mocion, pero se convierte en un agente poderoso a medida que su rapidez aumenta. Una bala de cañon disparada con una velocidad de 2,000 pies por segundo, andaria 24 millas (de a 5,280 pies cada una) antes que la gravedad la detuviese; mas como tiene que luchar contra la gravedad y el aire, no corre mas que 3 millas.

131. Un proyectil obtiene una mayor altura y permanece mas en el aire, si es arrojado verticalmente, qué cuando disparado en cualquiera otra direccion.

132. Ángulo de elevacion.—La distancia del punto de proyeccion al punto donde el cuerpo lanzado adquiere de nuevo su nivel, constituye su alcance horizontal; o lo que los artilleros denominan el *tiro por elevacion.* Suponiendo la misma velocidad en el proyectil, la potencia o alcance de este será mas grande cuando el ángulo de elevacion llega a 45°; pues en excediendo o bajando de este grado, es decir, que sea 40 o 50, su alcance horizontal habrá igualmente disminuido. Sin embargo, teniendo en cuenta la resistencia del aire no seria conveniente elevar el ángulo a mas de 40°.

La fig. 52 manifiesta el curso de los proyectiles lanzados en diversos ángulos. La bala que sale de la boca del cañon en un ángulo de cerca de 37 grados será la única qne acierta al barco; y las otras dos disparadas en ángulos mas y menos elevados quedan atras de su blanco.


Fig. 52.

toma para caer en tierra? Ejemplo de la fig. 51. 130. Cual es la resistencia del aire a los proyectiles veloces? 131. Cuando llega mas alto el proyectil? 132. Qué se llama un tiro por elevacion? A qué grado tiene mas alcance? Ejemplo. 133. En qué

Cuando se dispara un cañon a una elevacion de 3° a 6° causa el tiro que se llama de rebote o *ricochet*, y si cae la bala sobre la superficie del agua rebotará de la misma manera de punto en punto, como nna piedra arrojada de soslayo hace *patitos*, segun la espresion vulgar. La reculada del cañon no comienza a efectuarse hasta que ha salido la bala de su boca. El experimento se bizo en el pnerto de la Rocbelle, en 1667, por órden del Cardenal Richelieu. Se colgó un cañon del extremo de una fuerte viga a guisa de péndulo, y disparado en esta posicion la bala fué a dar en el mismo pnnto a donde estaba apuntada; mas si hubiera principiado a retroceder antes qne saliera la bala el punto tocado habria sido mas bajo, dependiendo del mayor o menor retroceso de la pieza descargada.

133. Artillería.—Las leyes relativas a los proyectiles forman la base de la ciencia de la *Artillería*. Un artillero debe saber a que ángulo elevar el punto del cañon, y que concesiones hacer a la pesantez de la bala y la resistencia del aire.

134. Los proyectiles militares se descargan con el auxilio de la pólvora. Esta es un sólido que al contacto de una chispa se convierte instantaneamente en un flúido mui elástico, y en este estado se dilata a proporciones muchas veces mayores que su forma primitiva. Una espansion tan repentina confinada dentro de las espesas paredes del cañon, trata de abrirse paso por la boca de este con tal fuerza que imparte una velocidad estraña a una bala u otro objeto arrojadizo.

No se puede asegurar con certeza quien inventó la pólvora. Los chinos la conocian muchos años antes de la era cristiana, y la empleaban para nivelar colinas, minar rocas, y aun para objetos militares, como lo prueban los restos de algunas piezas de artillería. Otras naciones orientales parecen haber tenido conocimiento de ella en tiempos remotos. El célebre filósofo ingles, Roger Bacon, alude a ella como un mixto bien conocido en una obra escrita en el año 1270 D. J. Cincuenta años mas tarde Berthold Schwartz, un monje prusiano, investigó sus propiedades, y algunos lo proclaman por eso el inventor, como otros a Bacon. La primera vez que refiere la historia de haberse hecho uso del cañon como arma de guerra, fué en la batalla de Cressy dada entre franceses e ingleses en 1346 D. J.

135. Aumentando la fuerza viva de un cuerpo por el cuadrado de su velocidad, las piezas de artillerías empleadas para atacar una fortaleza se cargan de modo que se dé

---

consiste la ciencia del artillero? 134. Cómo se descargan los proyectiles militares? Quien inventó la pólvora? 135. Qué fuerza conviene dar a una bala en los sitios y

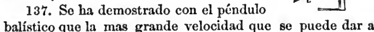
a las balas la mayor velocidad posible. En los combates navales, al contrario, no se necesita mas que la velocidad suficiente para alcanzar la nave del enemigo; porque de este modo la bala imparte toda su mocion al buque y le hace sufrir un choque mas grande, rasgando y partiendo sus maderas; cuando con mayor velocidad no habria hecho mas que traspasar su quilla y dejar una abertura igual al diámetro del proyectil.

Esto es por razon del tiempo que se reqniere para la difusion de la mocion, pues el impacto no ha movido mas que unas pocas moléculas de la bala y ha actnado solo sobre una mitad de su superficie. Para que se comunique a las otras partes se necesita tiempo, y aunque mui breve, casi inconcebible, es *tiempo*, y produce efecto en la inercia de la materia. Una bala puede penetrar un pedacito de vidrio suspendido de un hilo sin quebrarlo, y ni aun hacerlo oscilar; puede perforar una puerta media abierta sin juntarla; y da a un proyectil blando, como la vela, o uno liviano, como una pluma, la fuerza del plomo. Traspasar con nna vela una tabla, es un un ardid mui usado por juglares.

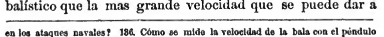
136. El péndulo balístico.—Se ha experimentado varias maneras de medir la velocidad de las balas del cañon y fusil. Un medio es colgando el arma que se va a descargar y medir su reculada; pues siendo iguales la accion y reaccion, el retroceso debe ser proporcionado a la fuerza con que la bala es disparada. El otro método es con un instrumento llamado *péndulo balístico*, que se ve en la fig. 53.

Fig. 53.

Suspendido de un atravesaño, A, en un fuerte trípode, hai un pedazo de madera, B, de modo que pueda oscilar libremente atras y adelante. Se tira una bala a este péndulo, que será entonces empujado una distancia correspondiente a la velocidad de aquel proyectil; distancia que se mide con una cinta, C D, atada a su estremo, la que pasa por nn agujero en el otro atravesaño, E, a medida que el dicho péndulo es impelido acia atras. Sabiéndose el peso del trozo de madera, la distancia que es empujado y el peso de la bala, es fácil determinar la velocidad del proyectil.



137. Se ha demostrado con el péndulo balístico que la mas grande velocidad que se puede dar a



en los ataques navales? 136. Cómo se mide la velocidad de la bala con el péndulo

una bala de cañon, es un poco mas de 2,000 pies por segundo. Para dar a una arma todo su alcance, es preciso cargarla con una cierta cantidad de pólvora, que no es uniforme, y varía aun en cañones de un mismo calibre. Una carga mas fuerte no solo es inútil sino peligrosa, porque puede causar la explosion del cañon. Cuanto mas largo es el cañon de un fusil u otra pieza de fuego, mayor será la velocidad que imparte a la bala; pero su potencia apenas aumenta con esto, y por varias razones la longitud es considerada hoi mas bien una desventaja.

Frecuentemente se están anunciando nuevos descubrimientos de cañones que lanzan una bala hasta siete millas, pero tales inventos, si son ciertos, no han merecido todavia la sancion de la práctica. El cañon rayado de la artilleria francesa, que ha jugado un rol mui importante en la última guerra de Italia, se dice tener un alcance de cosa de tres a cuatro millas. Esta es la pieza de campaña de a 4. El cañon-rifle de Armstrong, que se fabrica ahora en los arsenales ingleses, se supone llegará mas léjos aun, aunque mui distante del punto al principio señalado. De todos modos, no cabe duda que la introduccion de esta mejora en los cañones y fusiles ha causado una revolucion en la táctica militar.

El Péndulo.

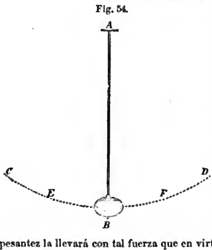


Fig. 54.

138. Un punto material suspendido de un hilo, es lo que constituye un *péndulo*. Consiste este generalmente de una bola metálica colgada de un punto fijo, de modo que pueda balancearse libremente acia atras y acia adelante. La fig. 54 dará una idea de él.

Si se retira de un lado la bola, B, y se la deja caer, la pesantez la llevará con tal fuerza que en virtud de su inercia llegará del otro lado a la misma altura. De este punto retrocederá otra vez, y continuaria

balistico? 137. Cual es su mayor velocidad? Qué carga conviene dar al cañon? Qué largo? Qué distancia arrojan una bala los cañones-rifles? 138. Qué es un

cayendo y levantando por siempre jamas, si ninguna otra fuerza que la gravedad interviniera; mas el roce con la vara o sosten de que está suspendido, así como la resistencia del aire, tienden constantemente a retardar la mocion, que va paulatinamente disminuyendo, hasta cesar del todo.

139. *Definiciones.*—Los movimientos de un péndulo, o su pasaje de un estremo a otro, se llaman *oscilaciones* o *vibraciones;* y la porcion del círculo que describe, es un *arco.* En la fig. 54, el espacio C D forma el arco del péndulo A B. Supóngase una linea tirada de A a D y de A a C, es decir, que marque la desviacion del péndulo de la perpendicular, y esta se denomina el *ángulo de elongacion.* El arco se divide en grados para medir la *amplitud* de la oscilacion. El tiempo ocupado en describir este arco es la *duracion* o tiempo de la oscilacion. Por fin, la distancia del punto de suspension A al punto material B, es la *longitud* del péndulo.

Los matemáticos distinguen dos clases de péndulos: el *simple* o *ideal* y el *compuesto.* El primero consta de un punto material suspendido por un hilo inestensible, sin masa ni peso, de un punto fijo, a cuyo alrededor pudiese *oscilar* libremente, es decir, tomar un movimiento de vaiven mas o menos rápido. Este péndulo es por naturaleza irrealizable y puramente teórico, sirviendo tan solo para determinar, por medio del cálculo, las leyes de las oscilaciones del péndulo.

El *péndulo compuesto* es el que hemos definido al principio, y el único practicable, y del que tratamos aquí. Cuando oscila el péndulo alrededor de un punto, toma este el nombre de *centro de suspension;* y si verifica el movimiento alrededor de una recta horizontal, esta se llama *eje de suspension.* Puede dársele al péndulo compuesto la forma que se quiera, pero generalmente consiste de una masa metálica, lenticular o esférica, suspendida de una varilla vertical. A fin de disminuir los efectos del roce se le suspende comunmente de un eje o cuchilla de acero bruñido, como en las balanzas; o de una lámina de acero flexible, que se encorva a cada oscilacion.

140. Leyes de las oscilaciones.—*Primera lei.—En un mismo péndulo, las oscilaciones cortas son isócronas.*

Es decir, que se ejecutan perceptiblemente en tiempos iguales, con tal que el arco descrito no esceda de 2 a 3 grados a lo mas. La resistencia del aire retarda la duracion de las oscilaciones, quitándole parte de su gravedad;

---

péndulo? Cómo se mueve y qué le impide andar perpetuamente? 139. Qué es oscilacion y vibracion del péndulo? Cuál su arco? Qué es ángulo de elongacion? Qué amplitud? Qué duracion de una oscilacion? Qué es péndulo simple y compuesto? Qué es el centro y eje de suspension? Cómo se construye el péndulo? 140. Cuál es la primera lei de las oscilaciones? Qué grado admiten

pero el isocronismo rige en el aire como en el vacío, aunque la mocion mengüe hasta detenerse al fin el péndulo.

141. *Segunda lei.—En los péndulos de una misma longitud, la duracion de las oscilaciones es la misma, ya sea largo o corto el arco que describan, y cualquiera que sea el material de que esten hechos.*

En la fig. 54 se ve que si el péndulo A B se alzara solo a E, tardaria tanto en moverse de E a F como de C a D. Cuanto mas corto el arco mas lenta es la mocion. Por esta razon es que un columpio al principio se mueve tan despacio, pero acrecienta en velocidad a medida que se le empuja mas y mas arriba.

142. *Tercera lei.—En péndulos desiguales, la duracion de las oscilaciones está en proporcion con la raiz cuadrada de su longitud.*

Un péndulo oscila en 2 segundos y otro en 4. El último entonces será cuatro veces mas largo que el primero; porque el uno es al otro como el cuadrado de 2 es al cuadrado de 4, es decir, como 4 es a 16: de lo que se sigue que para que la duracion de las oscilaciones sea doblada, el péndulo debe ser tambien alargado 4 veces mas; para triplicarlas, 9 veces; y asi en igual progresion. Un péndulo destinado a oscilar cada minuto, necesitaria ser 60 veces mas largo, esto es, 3,600 veces tan largo como uno que vibra cada segundo,—algo mas que 2 millas. El mas largo empleado hasta ahora, era el del Panteon de Paris y tenia 220 pies.

Por la inversa, los tiempos que diferentes péndulos tardan en vibrar, están el uno al otro como la raiz cuadrada de su longitud. Si un péndulo es de 16 pies de largo y otro de 4, el primero dilatará dos veces mas que el segundo en vibrar; puesto que los tiempos de sus oscilaciones son unos a otros como la raiz cuadrada de 16 a la raiz cuadrada de 4, o como 4 a 2.

143. *Cuarta lei.—En los diferentes parajes de la tierra, la duracion de las oscilaciones de péndulos de una misma largura, es desigual; mas siendo esta diferencia causada por la pesantez la alteracion es mui pequeña, segun la distancia del centro de la tierra.*

En la cumbre de una montaña y a cinco millas de altura, por ejemplo, un péndulo de oscilar segundos daria diez oscilaciones de menos en una hora, que otro en el nivel del mar; por hallarse aquel mas distante del centro de la tierra. En uno y otro polo, un péndulo de a segundos produciria 13 oscilaciones de mas que otro colocado en el ecuador, porque está mas cerca del centro de la tierra, siendo esta achatada acia los polos.

---

para ser isócronas los oscilaciones? 141. Cuál es la segunda lei? Explicadla con un ejemplo. 142. Cuál es la tercera lei? Explicadla. Cómo podemos hallar el tiempo relativo de las oscilaciones de péndulos de diferentes longitudes? 143. Cuál es la cuarta lei? Qué diferencia hai en las vibraciones de un péndulo en las alturas

Por esto es que el péndulo se emplea para medir alturas; y es por él tambien que sabemos con fijeza que el diámetro polar de la tierra es 28 millas mas corto que su diámetro ecuatorial. De modo que debemos a este simple instrumento, los medios de determinar la intensidad de la pesantez en las diversas partes del globo, la forma de este, la masa de las montañas y la densidad de la tierra. Por fin, Mr. Foucand se ha servido de él recientemente (1851) para demostrar el movimiento de rotacion diurna de la tierra.

En la latitud de la ciudad de Nueva York (40° 42′ 40″ N.), un péndulo, para batir minutos debe tener cerca de $39^1/_{10}$ pulgadas; mientras que en Spitzbergen requiriria un poquito mas de $39^1/_5$ pulgadas, y en el ecuador 39 pulgadas exactas.

144. Para comprobar las leyes anteriores, se construyen péndulos compuestos equivalentes en cuanto sea posible a los simples. Se suspende para esto esferitas de una sustancia mui densa, como el plomo o platino, por medio de hilos finos; y entonces se esperimentará con ellas en la forma y condiciones expresadas. Así, por ejemplo, puede probarse la lei del isocronismo de las oscilaciones pequeñas con un péndulo corto de la clase descrita; y se hallará que es constante el número de oscilaciones que ejecuta en tiempos iguales, cuando la amplitud es sucesivamente de 3, 2 y 1 grados. La segunda lei se demuestra con varios péndulos de longitudes iguales y terminados por esferitas de plomo, cobre, marfil u otras sustancias diferentes. Todos ellos, no obstante, describirán igual número de oscilaciones en un mismo tiempo, pues la gravedad obra con igual intensidad en todas las sustancias. Por fin, se comprueba la tercera lei haciendo oscilar péndulos cuyas longitudes sean respectivamente 1, 4, 9 . . . . y se notará que los números de oscilaciones correspondientes son como 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ . . . ., lo cual demuestra que su duracion es sucesivamente 1, 2, 3 . . . .— La cuarta lei no es susceptible de demostracion experimental.

145. Aplicacion del péndulo al reloj.—Al admirable genio de Galileo debemos el descubrimiento y aplicacion del péndulo como medida del tiempo. Se dice que niño aun y estando empleado como cantor en el coro de la cate-

---

y al nivel del mar? Cuál en el ecuador y acia los polos? Qué se demuestra con el péndulo? 144. Cómo se comprueban las leyes citadas? Demostradlo. 145. Quién

dral de Pisa, observó que las arañas de iluminacion describian arcos de cortas distancias en un mismo tiempo, cada vez que el aire u otra causa las ajitaba. La idea quedó fija en su ánimo, y mas tarde tuvo ocasion de aplicarla a sus estudios físicos y matemáticos (1602 D. J.)

Sin embargo, estaba reservado al físico holandes Huygens el honor de adaptar el péndulo y el muelle espiral a los relojes (1657), dando así mas consistencia y utilidad a la bella invencion de Galileo; pues no bastaba conocer la uniformidad de los movimientos del péndulo, sino que era necesario hallar un medio para contrabalancear la pérdida constante de mocion ocasionada por el roce y la resistencia del aire. A una medida tan perfecta del tiempo como suministra el reloj, debe la astronomía aquella precision de observacion y fijeza en sus cálculos, que la dan el primer rango entre las ciencias físicas y exactas.

146. Como el péndulo que bate segundos seria demasido largo e inconveniente (39 pulgadas) para ser adaptado a los relojes, es costumbre emplear mas bien uno que oscile cada medio segundo, el que, segun los principios sentados, debe ser un cuarto del largo de aquel, o sea un poco menos de 10 pulgâdas.

Póngase un reloj a una misma distancia del ecuador, en la misma elevacion sobre el mar y la misma temperatura, y el péndulo que lo mueve oscilará en el mismo tiempo y será un regulador fiel de las horas; pero si del ecuador se le trasporta a los polos, el péndulo vibrará mas rapidamente y se adelantará. Al reves, si se le sube a una montaña, el péndulo batirá mas despacio, y el reloj se atrasará. Si bajo la accion del calor el alambre del péndulo se dilata, dejará tambien de registrar el tiempo con plena exactitud. La ciencia y el arte combinados, han obviado con todo estas dificultades, y hoi dia se fabrican relojes o cronómetros inalterables bajo todos los climas y temperaturas, y tan perfectos que no equivocan un golpo del péndulo durante un año.

---

descubrió el péndulo como medida del tiempo? Quién lo aplicó a los relojes? 146. De qué largo es el péndulo de los relojes comunes? a qué irregularidades está

147. **Péndulo de parrillas.**—Para evitar que un reloj sea influenciado por el calor o frio, se emplea el *péndulo compensador.*


Fig. 55.

En la fig. 55 se ve una forma del péndulo compensador, llamado comunmente *péndulo de parrillas.* Consta este de nueve varitas de metal, alternativamente de metal amarillo y acero, dispuestas de modo que las de acero, que están encima, se dilaten acia arriba, mientras que las de metal amarillo busquen su expansibilidad acia abajo. La potencia expansible del metal amarillo es respecto de la del acero como 100 a 61; y por tanto, si a las varillas de acero se les da el largo de $^{100}/_{61}$ de la largura de las de bronce, la expansion de un metal contrabalancea la del otro, y el péndulo conserva su propia longitud. En el diseño las barritas de acero estan marcadas con lineas negras gruesas, y las de metal amarillo por lineas paralelas finas.

EJERCICIOS.

1. (*Véase la fig.* 45 *y* §§ 107, 109). ¿Cuál seria el peso o medida de atraccion terrestre de un mole marino de 40,000 toneladas de hielo, si se le pusiera en el vacío a 1,000 pies de la superficie de la tierra?
   ¿Cuál seria el peso del mismo 1,000 pies debajo de la tierra?
2. Un caballo que pesare 1,200 libras en la superficie de la tierra, ¿cuanto pesaria 4,000 millas distante de ella? Cuánto mas de la tierra tendria que ser llevado para pesar lo mismo?
3. Un cargador acarrea un bulto de 800 libras, ¿cuánto podria llevar estando en un punto intermedio del centro y superficie de la tierra, si conservara su misma fuerza?—*Respuesta,* 1,600.
   ¿Cuántas libras soportaria si estuviera a una elevacion de 4,000 millas sobre el nivel de la tierra con la misma fuerza?
4. ¿Qué pesaria un cuerpo de 100 libras en la baz de la tierra, estando 1,000 millas fuera de ella? Cuánto 1,000 millas debajo de su superficie?
5. ¿Una bala de cañon de 18 lbs. pesaria de mas o de menos 2,000 millas arriba que debajo de la superficie de la tierra? Cuánto pesaria?
6. ¿Qué diferencia de peso habria en el centro de la tierra entre un hombre que pesare 200 lbs. en su superficie y otro 100 lbs.? Cuál seria la diferencia de peso 4,000 millas mas arriba de la tierra, o en el vacio?
7. (*Véase regla* 1, § 121.—*En los siguientes ejemplos no se toma en cuenta la resistencia del aire.*) Un hombre cae de un campanario; ¿cuántos pies descenderá en el tercer segundo de su caida?
8. ¿Cuánto cacrá una piedra en el dozavo segundo de su descenso?
9. (*Véase regla* 2, § 121.) ¿Qué velocidad alcanza una piedra descendente en 7 segundos?

---

sujeto el péndulo o el muell· de un reloj? 147. Cómo se evita el efecto del calor y frio? Explicad el péndulo de compensacion o de parrillas?

10. Un granizo que tarda en caer un tercio de minuto, ¿ qué velocidad tiene?
11. (*Véase regla* 3, § 121.) Cuánto caerá una piedra en 10 segundos?
12. ¿ Cuánto descenderá un granizo en un tercio de minuto?
13. Dejo caer un guijarro en un pozo vacio y lo oigo tocar el fondo exactamente a los dos segundos. ¿ Qué profundidad tiene el pozo? Cuántos pies ha descendido el guijarro en el primer segundo de su caida? Cuántos en el segundo? Qué velocidad tenia al punto de dar fondo?
14. Suéltase una bala de fusil de un globo elevado y echa medio minuto en su caida; ¿ a qué altura estaria el globo, y cual es la velocidad de la bala al tocar el suelo?
15. ¿ Qué velocidad tendria una piedra soltada dentro de una mina, y que tardase 7 segundos en caer, y cuánto habrá bajado?
16. (*Véase* § 122.) ¿ Cuál seria la velocidad de esta misma piedra al cabo del séptimo segundo, si se la lanzase dentro de la mina con una rapidez de 20 pies por segundo, y cuánto habria ido para abajo?
17. Una flecha cae de un globo aerostático en 9 segundos. ¿ Cuánto ha sido su espacio atravesado, cuanto corrió en el último segundo, y que velocidad ha llegado?

¿ Cuáles hubieran sido estas respuestas, si la flecha hubiera sido disparada del globo con la velocidad de 10 pies por segundo?
18. (*Véase* § 125.) Cuánto tiempo subirá una bala tirada para arriba con una velocidad de $128^2/_3$ pies por segundo? Qué altura alcanzará? Cuál seria su velocidad despues de un segundo de ascenso? despues de dos segundos? despues de tres segundos?
19. ¿ Cuántos segundos echará en ascender una bala de fusil tirada acia arriba con la velocidad de $225^1/_4$ pies por segundo? Cuántos pies se elevará?
20. Una piedra lanzada al aire sube dos segundos, ¿ con que velocidad ha sido arrojada?
21. (*Véase* § 141.) ¿ Cuánto mas largo necesita ser un péndulo que vibre una vez por segundo respecto de otro que vibre tres veces por segundo?
22. Dos péndulos en el Cabo de Buena Esperanza oscilan respectivamente en 40 y 10 segundos, ¿ cuánto mas largo es el uno que el otro?
23. En la latitud de Panamá dos péndulos oscilan respectivamente en 40 y 10 segundos, ¿ cuánto mas largo es el uno que el otro?
24. En la latitud de Nueva York, un péndulo de batir segundos, es $39^1/_{10}$ pulgadas de largo; ¿ de que largura necesitaria ser para oscilar una vez cada segundo?—*Respuesta*, 3,910 pulgadas.
25. En el ecuador, un péndulo de 39 pulgadas oscila una vez por segundo, ¿ de qué largo deberia ser para oscilar una vez cada media hora?

CAPÍTULO VI.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

CENTRO DE GRAVEDAD.

148. Aquel punto medio en el que todas las moléculas y fuerzas paralelas de un cuerpo vienen a unirse, contrabalanceándose las unas a las otras, se llama su *centro de gravedad.*

La tierra atrae las moléculas de todos los cuerpos acia su superficie con fuerzas paralelas y convergentes a un mismo punto, el centro terrestre. El número de estas atracciones iguales y paralelas corresponde al de sus moléculas; mas como en todo cuerpo ha de haber un punto céntrico del que sus partículas se distribuyen proporcionalmente en todas direcciones, todas estas atracciones pueden ser sustituidas por una fuerza única aplicada a este *centro* de fuerzas iguales y paralelas.

El centro de gravedad de un cuerpo, no es al cabo mas que el centro de su peso. Divídase una masa de densidad uniforme, cortándola por una línea que pase en cualquiera direccion de su centro de gravedad, y las dos partes tendran el mismo peso. Se pudiera decir así que todo el peso de un cuerpo está en su centro de gravedad.

149. Es preciso distinguir el centro de gravedad del centro de magnitud y del centro del movimiento o mocion.

El *centro de magnitud* de un cuerpo, es el punto equidistante de todos sus lados opuestos.

Se llama *centro de mocion* de un cuerpo giratorio, aquel punto que permanece en reposo cuando todas sus otras partes estan en movimiento.

150. En todos los cuerpos esféricos girantes hai siempre varios puntos en reposo, y la línea que los une se denomina el eje de mocion o simplemente *eje de la esfera.*

---

148. Qué es centro de gravedad? De qué es el resultado? Donde está concentrado el peso de un cuerpo? 149. Qué es centro de magnitud? Qué es centro de mocion? Son diferentes del de gravedad? 150. Qué es eje de la esfera? Coincide

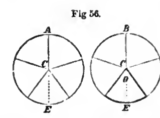


Fig 56.

El centro de gravedad puede coincidir con el de magnitud y de la mocion, mas no como consecuencia precisa. En la fig. 56, A representa una rueda de madera de uniforme densidad, y en la que el centro de mocion y gravedad corresponde con el de magnitud, C. Ahora B nos da el diseño de otra rueda con sus dos rayos y parte inferior de la pina hechos de plomo; y aunque el centro de magnitud y mocion quedan siempre aqui en C, el centro de gravedad ha bajado a D. Resulta por regla general: que en los cuerpos de densidad uniforme, el centro de gravedad coincide con el centro de magnitud; pero cuando una parte de un cuerpo pesa mas que la otra, el centro de gravedad se encuentra mas cerca a la parte mas grave.

151. Una línea tirada perpendicularmente del centro de gravedad acia abajo, se llama la *línea de direccion*. En la fig. 56, C E y D E son las líneas de direccion.

152. Como se determina el centro de gravedad.—A veces se halla el centro de gravedad en el punto en que un cuerpo se balancea. En el atizador de hierro de la fig. 57, el centro de gravedad viene a estar precisamente en el punto de su balance. Esto se sigue de lo que hemos dicho en el § 148, a saber: que el centro de gravedad de un cuerpo, es el centro de su peso.



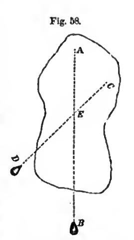
Fig. 57.

153. En los sólidos irregulares suspendidos en el aire, de modo que se muevan con toda libertad, el centro de gravedad se determina aplicándoles la plomada, una vez que esten en reposo, a partir del punto de suspension. En la fig. 58, A es el punto de suspension de la masa pendiente, y lo será asi mismo de la pesa de plomo A B, que demarca su direccion en la superficie; cámbiese el punto de suspension a C, y el hilo del plomo señala en su faz otra direccion. Ahora bien, como un cuerpo colgante y sin estorbo no puede estar en quietud sino cuando la vertical

el centro de gravedad con el de magnitud? Ejemplo de esto y explicad como sucede. 151. Qué es linea de direccion? 152. Cómo se halla el centro de gravedad por él del peso? 153. Cómo se encuentra el mismo en los cuerpos irregulares? 154. Cómo en

del centro de gravedad coincide con la direccion de la cuerda de suspension; porque dos fuerzas iguales no se equilibran sino cuando obran en direcciones opuestas: resulta, pues, que el centro de gravedad se halla en el punto donde las dos líneas o hilos se cruzan.

Fig. 58.

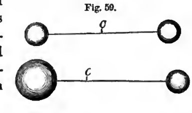


154. En el caso de los sólidos que tienen una figura regular y uniforme densidad, es mui fácil hallar su centro de gravedad, porque este coincide generalmente con el de su magnitud. Para esto no se hace mas que tirar dos líneas rectas de un costado a otro, de modo que dividan el cuerpo en dos partes iguales; y el punto donde las líneas se intersecan, será el centro de gravedad. Así en un paralelógramo o prisma, el centro de gravedad está en la interseccion de las diagonales; en un círculo o esfera en el centro; en un cilindro en la mitad de su eje: y en la geometría se demuestra que el centro de gravedad de un triángulo, está en el punto de interseccion de dos líneas opuestas tiradas de su vértice a un punto medio de su base.

155. El centro de gravedad no se halla siempre en el cuerpo mismo, sino que puede estar a veces junto o fuera de él. Tal es el caso en un anillo sólido y en las vasijas o cuerpos huecos de cualquier forma.

156. Dos cuerpos de igual peso unidos por una varilla, tienen su centro de gravedad en el medio de esta; y si los cuerpos son de pesos desiguales, el centro de gravedad se hallará cerca del mas pesado. Esto se ve patente en la fig. 59.

Fig. 59.



---

los cuerpos regulares? 155. Puede estar el centro de gravedad fuera de un cuerpo? 156. Donde lo tienen los de peso igual? Donde los de desigual? 157. Donde está

157. Estabilidad de los cuerpos.—La *base* de un cuerpo está en su costado o parte inferior. En cuerpos sostenidos en pies, como una silla, su base está formada por líneas bajas tiradas de un extremo a otro de ellos.

158. Cuando la línea de direccion está dentro de la base, el cuerpo se mantiene en pie; pero si no, vendrá a tierra.

Fig. 60. Fig. 61. Fig. 62.

En la fig. 60, G es el centro de gravedad, pues la línea de direccion, G P, se halla dentro de la base; y por consiguiente el cuerpo quedará de pié. En la fig. 61, la línea de direccion cae exactamente en una extremidad de la base, y el cuerpo será trastornado al mas ligero impulso. En la fig. 62, la línea de direccion sale de la base, y el cuerpo caerá precisamente.

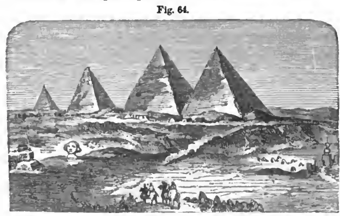
Un cargador con un bulto a cuestas se inclina naturalmente acia delante, a fin de poner la línea de direccion en correspondencia con la base, es decir, sus pies. De otra manera la línea de direccion saldria fuera de la base, como se ve en la fig. 63, y si la carga es pesada lo echará de espaldas a tierra.

Fig. 63.



159. Entre diferentes cuerpos de una misma altura, el mas difícil de trastornar será aquel que tiene una

Fig. 64.



la base de un cuerpo? 158. Cuándo puede sostenerse un cuerpo? Explicadlo experimentalmente con las figuras y el ejemplo del cargador. 159. Qué cuerpos de igual

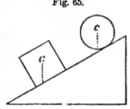
base mas ancha; porque seria preciso tirar mas afuera su línea de direccion para sacarla de su base. Por esto es que la pirámide es la figura mas estable que exista; y de varias pirámides de una altura, la de base mas ancha será mas estable todavía. No es estraño asi que las Pirámides de Egipto hayan sobrevivido a los trastornos de mas de tres mil años.

Añade mucho a la estabilidad de una muralla de piedra, el que su base sea mas ancha que la cima. Los candelabros y tinteros son generalmente mas estensos en el asiento por la misma razon. Para que una silla no sea trastornada facilmente, sus pies deben estenderse o abrirse a medida que van a tocar el suelo.

160. Una esfera de densidad uniforme tiene el centro de gravedad en el centro de magnitud; y cuando se la deja en una superficie nivelada, permanecerá en el mismo lugar, porque la línea de direccion cae en el punto de apoyo. Pero como la base de la esfera consiste unicamente en el punto de apoyo en contacto con la superficie, el mas leve impulso saca su línea de direccion fuera de la base, y la echa a rodar.

161. Si se coloca una esfera en una superficie en declive, su línea de direccion sale de la base y comienza a rodar; póngase un cuerpo cúbico en la misma superficie inclinada y se sostendrá, porque la línea de direccion queda dentro de la base. Véase la fig. 65, donde C indica el centro de gravedad.

Fig. 65.

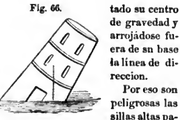


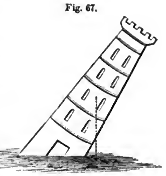
162. Entre varios cuerpos con bases igualmente estensas, el mas bajo será siempre mas firme, a causa de que es mas difícil sacar su base de la línea de direccion.

Esto se esplica patentemente con las figs. 66 y 67. La torre sin acabar (66), aunque mucho mas inclinada, se mantiene firme, porque su linea de direccion cae dentro de su base; mientras que si se le añadiera algunos pisos mas (67) vendria a tierra necesariamente, porque se habrá levan-

---

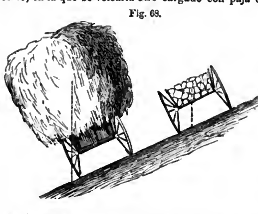
altura son mas estables y que se deduce de ello? 160. Donde está el centro de gravedad de una esfera? 161. Qué sucede a las esferas y formas cúbicas puestas en declive? 162. Qué cuerpos de base igualmente extensa son mas firmes? Ejemplos y apli-


Fig. 66.


Fig. 67.

tado su centro de gravedad y arrojádose fuera de su base la línea de direccion.

Por eso son peligrosas las sillas altas para niños, mientras no tengan los pies abiertos acia la base. Un carro cargado basta mui arriba puede volcarse facilmente en un camino desnivelado. Asi es que un carro con piedras podria pasar sin peligro la falda de un cerro, en la que se volcaria otro cargado con paja o heno seco. La fig. 68 muestra que en el primer caso la línea de direccion queda dentro de la base, mientras en el otro sale de ella.


Fig. 68.

163. Un cuerpo será tanto mas estable cuanto mas bajo sea su centro de gravedad. Los que se emplean en cargar buques y carros de trasporte, deben por esto poner debajo aquellos efectos mas pesados.

Este principio ha sido aplicado tambien a la construccion de torres inclinadas, de las que la mas notable es la de Pisa, elevada a una altura de 150 pies; y que a pesar de inclinarse de modo que su cima sobresale 12 pies de su base, ha durado siglos enteros. El arquitecto en este caso trajo el centro de gravedad a un punto mui bajo, empleando materiales mui pesados en la base y otros mas livianos a medida que avanzaba la obra. Los pisos bajos son de una roca volcánica mui dura, los del medio son de ladrillo, y los últimos de una piedra mui porosa y liviana.

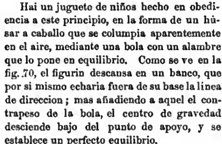
164. Se aumenta mas todavia la estabilidad de un cuer-

---

caciones de este principio. 163. Cuándo es mas estable un cuerpo? Por qué se sostiene la torre de Pisa? 164. Cómo se aumenta su estabilidad? Dad algunos

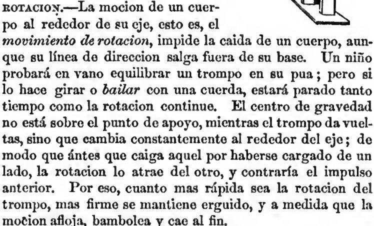
po colocando su centro de gravedad debajo del punto de apoyo.

Fig. 69.



Esto se ve en la Fig. 69. Se sabe que es casi imposible balancear una aguja en su punta, a causa de su pequeñísima base y la altura del centro de gravedad. Puede ejecutarse con todo esta prueba, introduciendo la cabeza de la aguja en un pedazo de corcho, C, y clavándole dos tenedores a ambos lados opuestos, A, B, en ángulos iguales. Entonces puede contrapesarse la aguja poniéndola de punta sobre el asiento de una copa invertida, pues el peso de los tenedores hace bajar el centro de gravedad mas abajo del punto de apoyo.

Fig. 70.



Hai un juguete de niños hecho en obediencia a este principio, en la forma de un húsar a caballo que se columpia aparentemente en el aire, mediante una bola con un alambre que lo pone en equilibrio. Como se ve en la fig. 70, el figurin descansa en un banco, que por si mismo echaria fuera de su base la linea de direccion; mas añadiendo a aquel el contrapeso de la bola, el centro de gravedad desciende bajo del punto de apoyo, y se establece un perfecto equilibrio.

165. Efecto del movimiento de rotacion.—La mocion de un cuerpo al rededor de su eje, esto es, el *movimiento de rotacion*, impide la caida de un cuerpo, aunque su línea de direccion salga fuera de su base. Un niño probará en vano equilibrar un trompo en su pua; pero si lo hace girar o *bailar* con una cuerda, estará parado tanto tiempo como la rotacion continue. El centro de gravedad no está sobre el punto de apoyo, mientras el trompo da vueltas, sino que cambia constantemente al rededor del eje; de modo que ántes que caiga aquel por haberse cargado de un lado, la rotacion lo atrae del otro, y contraría el impulso anterior. Por eso, cuanto mas rápida sea la rotacion del trompo, mas firme se mantiene erguido, y a medida que la mocion afloja, bambolea y cae al fin.

166. Centro de gravedad en el hombre.—En el hom-

---

ejemplos. 165. Qué efectos produce la rotacion en el equilibrio de los cuerpos?



bre, el centro de gravedad yace entre sus caderas, y la base se forma por las líneas que parten de este punto a las extremidades de los pies. Un individuo puede ensanchar su base y afirmarse mas, abriendo un tanto las piernas y extendiendo los dedos de los pies; y si llega a anciano o está enfermo, acrecentará su estabilidad usando un baston. Cuando sentado y trata de levantarse, tiene que doblarse acia adelante y echar atras sus pies, a fin de traer el centro de gravedad sobre su base. Por la misma razon, una persona que con sus talones arrimados a una pared intenta agacharse, caerá precisamente; porque no tiene espacio donde poner su cuerpo y conservar su línea de direccion dentro de la base.

Fig. 71.

La naturaleza enseña por si misma al hombre a echarse para atras, cuando baja una altura y acia adelante cuando sube, como se ve en la fig. 71. De igual modo si cargamos un peso de un lado nos inclinamos al otro (fig. 72), y nos es mas fácil llevar algo en cada mano que en una sola; pues entonces no cuesta trabajo alguno mantener la línea de direccion en su base. El tierno infante que no puede andar con sus dos pies gatea en cuatro, sin que nadie le haya enseñado a alargar así su base y bajar su centro de gravedad. Lo mismo hará el ébrio o baldado.

Fig. 72.

Cuando alguna persona resbala de un lado, estira naturalmente su brazo del otro para impedir que el centro de gravedad salga de la base, y a veces lo consigue y no recibe daño alguno. Los patinadores emplean constantemente sus brazos con el mismo objeto. Los volatines se ayudan de una balanza a fin de cambiar el centro de gravedad con aquella rapidez necesaria para sostenerse en la cuerda.

167. Los pastores del departamento de Landes, en el sur de Francia, se valen tambien de este arte, para cuidar sus rebaños en aquellos parajes pantanosos en el invierno y cubiertos de ardiente arena en el verano. Usan por esto de altos zancos, sobre los que se alzan como

166. Donde está el centro de gravedad en el hombre? Cómo puede ensanchar su base y estabilidad en diversas posiciones? 167. Cómo usan la balanza los pastores de

cuatro pies del suelo y un puntal para sostenerse o descansar, estendiendo así su vista a una gran distancia y evitando las dificultades del terreno. Son tan diestros en su uso que, no obstante que el centro de gravedad viene a qnedar tan arriba, esponiéndolos a cada instante a una caida, su esperiencia y mucha práctica les permite hasta danzar con ellos, y correr tan veloces que aventajan la carrera de un hombre a pié.

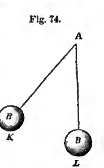
Fig. 73.



168. Equilibrio estable, instable e indiferente.— Es la tendencia del centro de gravedad de los cuerpos a descender al punto mas bajo posible.

Cuélguese una esfera de un bilo, como en la fig. 74, y alzándola a un punto que sea K, o cualquier otro, no se detendrá despnes de suelta hasta qne no llegue a L, porque allí su centro de gravedad, B, está en su punto mas bajo. Por esta razon es que un péndulo o una plomada en reposo cuelga verticalmente.

Fig. 74.



Tírese un martillo de cnalquier modo para arriba, y caerá precisamente por su parte de hierro, porqne el centro de gravedad en ella fijo busca el punto mas bajo. Esto mismo bace que un volante o una ballesta, una vez que han alcanzando su punto cnlminante, descienden con la parte mas pesada para abajo.

169. Se dice que un sólido está en *equilibrio*, cuando su centro de gravedad está sostenido. Si aquel yace en una superficie, de modo que su centro de gravedad quede mas bajo que en ninguna otra postura, el equilibrio es *estable;* pero si se le coloca de manera que pudiera aun bajarse mas su punto de gravedad, entonces es *instable.*

Landes? 168. Cuál es la tendencia del centro de gravedad? Demostradla con ejemplos. 169. Qué es equilibrio? Cuándo es estable e instable? Ejemplo de ambos

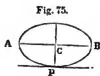


Fig. 75.

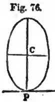


Fig. 76.

Un cuerpo oval como el diseñado en la fig. 76, yace en equilibrio estable, porque su centro de gravedad, C, se encuentra en el punto mas bajo posible; y si se le carga a uno de los estremos no caerá, sino que se mecerá solamente de un lado a otro. Al reves, la fig. 76 nos presenta un ejemplo de equilibrio instable, porque su centro de gravedad podria bajarse mas; y el menor empuje lo derribaria y reduciria a la posicion del de la fig. 75. Es casi imposible asentar o equilibrar un huevo en una de sus puntas, cuando puesto de lado permaneceria firme en un lugar.

170. La estabilidad de una esfera o cuerpo oval aumentaria cortándola en dos porciones iguales, como se ve en la fig. 77. Hai varios juguetes representando hombres y animales con bases de esta especie, y que sorprenden a los niños por la dificultad de trastornarlos.


Fig. 77.

Talvez sean los ejemplos mas curiosos de esta especie las rocas de Laggan, en las costas de la Inglaterra. Son estas unas masas inmensas sueltas por las convulsiones de la naturaleza, que se asientan sobre una base ligeramente redondeada encima de la superficie llana de otra roca; y estan balanceadas de tal modo, que el impulso de un hombre basta para mecerlas como una cuna.

171. En los sólidos sostenidos por un eje, el equilibrio se regula por la correspondencia del centro de gravedad con el eje; y el equilibrio será estable o instable, conforme que el centro de gravedad esté abajo o arriba del eje.

A estas dos clases de equilibrio suele añadirse una tercera. Cuando el eje, por ejemplo, pasa por el mismo centro de gravedad del sólido, se dice hallarse en una especie de equilibrio *indiferente*, porque no tiende a voltear a la derecha o izquierda, sino que descansa en todas las posiciones.

172. Paradojas.—Esta tendencia del centro de gravedad a buscar el punto mas bajo, produce a veces efectos maravillosos, que se llaman *paradojas*, y asombran a los inexpertos. Por ejemplo: sabemos que una esfera rodará para abajo en una pendiente; mas si a una bola de una madera liviana se le inserta un pedazo de plomo de un lado, puede hacersela rodar para arriba del declive.

casos. 170. Cómo se aumenta la estabilidad de cuerpos ovales? Citad el ejemplo notable de las rocas de Laggan. 171. Cómo se estima el equilibrio de los sólidos con eje? Qué es equilibrio indiferente? 172. Cómo se hace rodar una esfera para arriba

En esta figura, la bola A tiene un tapon de plomo en uno de sus lados *s*, y está puesta en un plano en declive; el centro de gravedad *c*, mui cerca de *s*, tiende naturalmente a tocar el punto mas bajo, y por esto la bola rueda hasta llegar a la posicion marcada B.

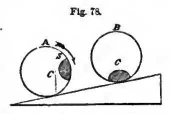
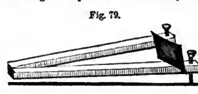


Fig. 78.

173. Del mismo modo, un cono doble, en la forma de dos panes de azucar unidos por sus bases, puede rodar contra la pendiente de un plano inclinado. La fig. 79 representa dos rieles juntos por un estremo, y aparte y un tanto elevados del otro. Acia la mitad, se pone el cono doble, y en vez de rodar para abajo por la punta mas delgada, rueda para arriba por la otra mas ancha; porque el centro de gravedad va realmente descendiendo de este lado, pues a medida que los rieles divergen, hacen que el cono se deslice entre ellos.


Fig. 79.

CAPÍTULO VII.

CONTINUACION DE LA MECANICA.

POTENCIA MOTRIZ.—RESISTENCIA.—MÁQUINAS.—FUERZA DE LOS MATERIALES.

174. En un capítulo anterior hemos tratado de la mocion y sus leyes; y ahora vamos a considerar los cuatro puntos prácticos que siguen:

I. La *potencia motriz*, o causa que produce la mocion.
II. La *resistencia* que hai que superar para dar accion a esta potencia.
III. La *máquina* que emplea la potencia para dominar la resistencia, cuando aquella no obra directamente.
IV. La *fuerza de los materiales* empleados.

---

de un plano inclinado? 173. Cómo se hace subir un cono doble por entre dos rieles inclinados o dos tacos de billar?

174. De qué puntos se va a tratar en este capítulo? Explicadlos con el ejemplo

En el caso de un buque de vapor, su *potencia* es el vapor que causa el movimiento; su peso es la *resistencia* que constantemente se opone a la mocion; y como el vapor por si solo no haria andar la nave, es necesario emplear una *máquina* a fin de vencer la resistencia: mientras que de la *fuerza de los materiales* empleados depende la utilidad y seguridad del conjunto.

Potencia motriz.

175. Las principales potencias que empleamos para producir la mocion, son la pesantez, los resortes elásticos, nuestra propia fuerza muscular, la de los animales, el viento, el agua y el vapor.

176. *Pesantez y resortes.*—La pesantez se usa por medio de pesas atadas a una maquinaria, y las que por su constante tendencia a bajar, mantienen a esta en movimiento hasta que no den en alguna resistencia, como en los relojes de sobremesa o de muro. A veces el peso no es aplicable, como en los relojes de bolsillo, y entonces se emplea en su lugar el resorte o muelle, que ha de estar hecho de acero u otra sustancia elástica, la que por sus esfuerzos continuos a desenvolverse produce la requerida mocion.

177. *Fuerza de los hombres y animales.*—El efecto mecánico producido por las fuerzas del hombre y los animales, varía mucho segun las circunstancias. Su resultado se encuentra generalmente multiplicando la carga o peso que puede soportar por su ligereza natural; aunque debe haber una cierta proporcion entre los dos elementos, pues algunas veces la carga puede ser tan pesada que requiera toda la fuerza del animal para sostenerla, o tambien el andar de este puede ser tan rápido que no pueda llevar peso ninguno.

Se ha probado que un hombre puede alzar mayor peso colocándolo entre las piernas; y de este modo se ha calculado levantaria de 450 o 600 libras, o en un término medio, 250 lbs.; pero esto por un breve espacio de tiempo y no mas arriba de un pié. El efecto muscular de las dos manos del hombre es igual a 1,112 libras, y el de las mu-

---

del vapor. 175. Cuales son las potencias que causan mocion? 176. Cómo la producen la pesantez y resortes? 177. Cómo se halla la fuerza mecánica de los animales?

jeres como dos terceras partes de esta cantidad. El trabajo con la azada es considerado el mas duro, porque la fuerza que se despliega es mayor que la tierra removida.

Pero empleando la fuerza de los animales, es como el hombre obtiene grandes ventajas. El caballo es y ha sido siempre el mas útil, pues el trabajo continuado de uno de ellos solamente es igual al de cinco hombres. Si se le emplea como potencia motriz de una máquina giratoria, su fuerza es equivalente a la de siete hombres con un torno; y tirando de un carro cargado con una tonelada de 2,240 libras de peso, puede andar 22 millas por dia.

178. *Fuerza comparativa del hombre y algunos animales.*—El siguiente cómputo de la fuerza relativa del hombre y algunos animales está tomado de altas autoridades, adoptando por unidad la monta del trabajo humano dado por Mr. Coulomb.

En un camino llano con carga a lomo	el caballo,	segun	Brunacci,		4.8
"	"	"	Wessemann,		6.1
"	mula,	"	Brunacci,		7.6
Acarreando con ruedas por un camino llano—					
El hombre con carretilla de una rueda,		segun	Coulomb,		10.0
Caballos con carreton de cuatro ruedas,		"	"		175.0
" " dos ruedas,		segun	Brunacci,		243.0
Mula "	"	"	"		233.0
Buei "	"	"	"		122.0

Hassenfratz presenta el siguiente cálculo comparativo.

Cargando en camino llano.		Tirando en camino llano.	
Hombre.............	1.0	Hombre.............	1.0
Caballo	8.0	Caballo..............	7.0
Mula..............	8.0	Mula..............	7.0
Asno.................	4.0	Asno.................	2.0
Camello.............	31.0	Buei ....4 a	7.0
Dromedario	25.0	Perro	0.6
Elefante.............	147.0	Reno.................	0.2
Perro................	1.0		
Reno................	3.0		

179. *Viento y agua.*—Mas poderosa es aun la fuerza que nos suministran el viento y el agua, hoi dia tan extensamente usados como potencias motoras en todo el mundo civilizado.

Donde tiene mayor fuerza el hombre? Cuál es la fuerza del caballo? 178. Citad la fuerza comparativa del hombre y varios animales domésticos, como el caballo, mula,

El viento se aprovecha no solo para hinchar las velas de un buque, sino para moler granos, aserrar leña, levantar agua, exprimir aceite de semillas, etc. Los molinos de viento fueron traidos a Europa del Levante en tiempo de las Cruzadas; y si no se les emplea ahora tanto, es a causa de los inconvenientes ocasionados por la irregularidad de los vientos como potencia motriz, siendo completamente inútil una máquina movida por ellos cuando hai calma.

El agua es un agente mucho mas útil y poderoso, pues un pequeño arroyo puede a veces causar la prosperidad y riqueza de una estensa comarca, suministrándola los medios de poner en accion grandes maquinarias y de fabricar varias comodidades con facilidad y baratura. Usóse primero el agua como potencia motriz en el tiempo de los Romanos, y se servian de ella para mover simples molinos de moler. Ahora se la aplica a una variedad de máquinas para aserrar, hilar, tejer, moler, etc.; y aunque una corriente pueda disminuir o secarse en el verano, nunca su irregularidad será tanta como la del viento.

180. *Vapor.*—El vaho producido por el agua cuando se le aplica un cierto grado de calor, ocasiona aquel agente extraordinario y maravilloso del *vapor*, la mas grande y disponible de las potencias motrices que se conozca. Siendo este un flúido elástico condensable, tratarémos de él al hablar del calórico y de la máquina de vapor. Convendrá solo saber por ahora que una pulgada cúbica de agua convertida en vapor, basta para levantar una tonelada de peso a un pié de altura. El agua es en este caso el medio para desenvolver la fuerza mecánica del calor, pues la potencia motriz está propriamente en el carbon o leña empleado para la evaporacion. En un experimento hecho en Cornwall, Inglaterra, se ha demostrado que un *bushel* de 84 lbs. de carbon produce un efecto equivalente a 100,000,000 libras de peso a un pié de altura.

181. El uso del vapor no fué conocido entre los antiguos, y solo a fines del siglo pasado comenzó a apreciarse su gran importancia para impeler y dar movimiento a las máquinas. Su introduccion y aplicacion a la industria y artes marca una época en la historia de la civilizacion y del mundo, pues ha dotado al hombre de un poder inmenso sobre la materia bruta. Si se aplica el vapor a una nave o carro, los hará andar en una hora una jornada igual a la en que antes ocupaba un dia a una persona; y si se emplea para mover maquinarias de innumerables clases, produce con él mil comodidades desconoci-

---

etc. 179. Cuál es el uso que hacemos del viento y del agua? De cuando data su introduccion en la mecánica? 180. Qué es el vapor y que efecto mecánico produce? 181. Especificad algunos de los usos del vapor y los artefactos en que entra como

das a nuestros antepasados. ¿Quién no se ha aprovechado del vapor? El labrador debe a él la azada, la pala, la hoz, el arado, y todos sus instrumentos de labranza; por su medio se ha fabricado la tijera que trasquila la oveja, se carda su lana y se hace el paño; él desmota el algodon, y lo convierte en muselina y zaraza; él prepara las herramientas del constructor y carpintero, forjando sus clavos y cerrojos, formando sus molduras, puliendo el mármol, cortando la piedra y aserrando la madera; adorna con muebles nuestras salas y habitaciones; da espejos, cristalería, loza y porcelana para nuestros comedores; nos provee de aparatos y útiles de cocinar; ha sostituido el trabajo de manos en las obras de punto y aun de encajes; tuerce el hilo, lava la ropa, la plancha y tiñe; dora, muele, cava e imprime; y apenas en fin hai un artefacto alguno en cuya fabricacion no ha sido un auxiliar el vapor: y todo esto con una rapidez y precision sorprendentes. Se nos dice que las pirámides de Ejipto ocuparon en su fabricacion 100,000 hombres, cuando se ha calculado ahora que una fuerte máquina de vapor habria podido ejecutar el trabajo de 27,000 de estos ejipcios en el mismo espacio.

Resistencia.

182. Todo lo que se opone a una potencia o fuerza, se llama *Resistencia.* Esta resistencia varia segun la materia u objeto a que se aplica la fuerza: puede ser un peso que se quiere levantar, como un cubo de agua que se va a sacar de un pozo; o un cuerpo que se trata de hacer andar, como un tren de carros; una rueda a que dar vuelta, como en un molino; partículas que comprimir, como en una paca de algodon; o hai cohesion que dividir, como en el leño que se parte. Pero como la manera mas comun en que se ofrece la resistencia, es en la forma de un peso que se propone elevar, suele hablarse en mecánica del *peso* y de la *resistencia* como sinónimos, esto es, una fuerza que se opone a la potencia motriz.

183. Unidad del trabajo.—La eficacia de una fuerza se mide por su capacidad para superar una resistencia, o por la cantidad de obra que puede ejecutar. Mas para comparar diversas potencias mecánicas, es preciso adoptar una medida o tipo uniforme que represente la *unidad del trabajo.* Se ha convenido que esta sea la resistencia que opone una libra de peso para ser alzada un pie arriba de la

auxiliar. 182. Qué es resistencia y bajo que formas se presenta? Hai diferencia entre peso y resistencia? 183. Cuál es el tipo adoptado como unidad del trabajo? Ejemplo.

superficie; y que por tanto, levantar un cuerpo a cierta distancia equivale a tantas unidades de trabajo, como hai de libras en el dicho cuerpo multiplicadas por el número de pies a que se ha elevado. Por ejemplo: levantar 2 libras de agua de un pozo de 6 pies de profundidad, es igual a dos veces 6, o 12 unidades de trabajo; trasladar una carga de 1,000 libras, 10 pies, equivale a 10,000 unidades.

184. AVALUACION POR CABALLOS.—Para calcular una suma grande de obra se acostumbra usar como medida la *fuerza de un caballo;* y como uno de estos puede ejecutar 33,000 unidades de trabajo, esto es, puede levantar un pie 33,000 libras en un minuto, se sigue que una máquina que desempeñe 33,000 unidades de trabajo, tiene la fuerza de un caballo. Otra que hiciera 66,000 unidades de trabajo en un minuto, es una máquina de 2 caballos de fuerza, y asi en adelante. De donde se deduce la siguiente

Regla.—Para hallar la fuerza por caballos de una máquina, divídase el número de libras que es capaz de levantar un pie en un minuto por 33,000.

185. ROZAMIENTO.—La eficacia de una fuerza motriz es modificada frecuentemente por el *rozamiento* o friccion, es decir, por la resistencia que todo cuerpo en movimiento encuentra de la superficie en que se mueve.

Si todas las superficies fuesen perfectamente lisas, el roce no ocurriria; pero aun las de aquellos cuerpos mas pulidos contienen pequeñas proyecciones y cavidades, que se interpolan las unas en las otras, requiriendo una fuerza mas o menos grande para arrancarlos de su lugar. En un espejo o plancha bruñida de acero, no podemos percibir con la simple vista ninguna irregularidad; y con todo si se les examina con un microscopio, hallarémos que sus superficies están lejos de ser completamente planas, y por consiguiente habrá rozamiento entre ellas.

186. El rozamiento se opone a la mocion de dos maneras:—

1°. Aumentando el poder de la resistencia, como cuando se arrastra un peso por el suelo; y

2°. Debilitando la fuerza antes de que se la haya opuesto a la resistencia; como en el caso de una maquinaria, que

184. Cuándo y cómo se avalúa por la fuerza de caballos? Dad una regla para hallarla.
185. Qué es rozamiento? Por qué hai roce entre superficies lisas? 186. De cuántos

pierde a veces hasta una tercera parte de su poder por efecto del roce entre sus diferentes piezas.

A estas resistencias suele añadirse una *flexibilidad imperfecta*, que resulta siempre en las cuerdas, cables y cadenas empleados en una máquina, aunque en teoria los suponemos perfectamente flexibles; y la *resistencia de los flúidos*, es decir, el aire o el agua, que afectan considerablemente la mocion, como lo hemos visto en otras partes.

Para avaluar la potencia de una máquina destinada a algun uso práctico, es necesario deducir la pérdida resultante del rozamiento; mas tratando puramente de investigar los principios de la Mecánica y la estructura de las máquinas, hacemos abstraccion del roce y suponemos que las superficies sean del todo lisas.

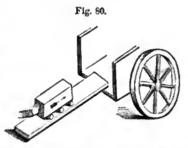
187. *Géneros de rozamiento.*—Hai dos géneros de rozamiento o roce:—

1°. El *roce escurridizo* causado por los cuerpos que resbalan sobre una superficie plana, como en el movimiento del trineo y la rastra; y

2°. El *roce rodadero* de un cuerpo cilíndrico que se mueve dando vueltas, como el de los carruajes.

188. El roce escurridizo es en toda clase de superficies mas fuerte que el rodadero; y por esto rodamos por el suelo un barril de harina en vez de arrastrarlo, y ponemos un grande peso en un carro o lo suspendemos sobre ruedas, en vez de tirarlo directamente con caballos.

Fig. 80.



Por esta misma razon ponemos rodetes debajo de un trozo de marmol que se quiere trasportar, y los muebles pesados se mueven sobre correderas o ruedas pequeñas. Se usan estas y los rodetes tambien con gran ventaja para cargar bultos pesados por medio de un plano inclinado, como se manifiesta en la fig. 80. En todos estos casos el rozamiento rodadero sustituye al escurridizo, menguando considerablemente la resistencia. Por este medio se trasladan aun casas de madera a grandes distancias. Cuanto mas grandes sean las ruedas y rodetes, hasta ciertos límites, mayor será la ganancia sobre la friccion.

Por el contrario el roce rodadero puede a veces convertirse ventajosamente en roce escurridizo; como cuando al descender una cuesta se ponen

---

modos se opone el roce a la mocion? Cuándo se calcula el roce en las máquinas? 187. Cuántos géneros de roce hai? 188. Cuál de ellos es mas fuerte? Aplicaciones

arrastraderas debajo de las ruedas de un carruage, o se las aprietan por medio de un torno u otro aparato especial que las impide rodar: con lo que la resistencia aumenta y el carro y su carga pueden bajar con seguridad. Del mismo modo en los ferro-carriles, tienen los wagones una especie de freno, retranca o detenedor, con que parárseles mas prontamente.

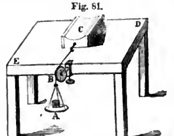


Fig. 81.

189. *Leyes del rozamiento.*—Varias leyes importantes respecto a la friccion o roce han sido establecidas, mediante experimentos ejecutados por un aparato como el que se representa en la fig. 81. D E es una mesa sobre la que se ve un trozo de madera C, al que hai atado una cuerda, que pasando por una polea B, va a rematar en una balanza colgante, A. Para avalnar la friccion se echa pesas en el platillo, y segun lo que tarde en mover el zoqnete comparado con otros de diversas materias, tamaños y superficies, se estima la friccion, habiéndose asi fijado las siguientes leyes:—

1°. El roce de un cuerpo es mas sensible al comenzar el movimiento que despues de estar andando; pues se requiere mas peso para principiar a mover el zoquete C, que para mantenerlo en mocion.

2°. Es mas sensible el roce entre cuerpos blandos que entre los duros, y menos entre los de una superficie lisa que los de áspera.

3°. Hai muchas veces en que el roce aumenta con el tiempo que dos superficies han estado en contacto; y al fin de cinco o seis dias se ha hallado ser catorce veces mas sensible que al principio. Pasado con todo cierto tiempo, cesa de obrar esta lei.

4°. El roce es proporcionado al peso del cuerpo en movimiento, cuando las superficies son iguales. Así el rozamiento de un zoquete que pese 40 libras, es mayor que el de otro de 10 libras.

5°. La estension de superficie no aumenta la friccion, una vez que el peso sea igual. En la fig. 81, se ve que el zoquete C está acanalado encima; ahora si se le da vuelta de modo que se asiente sobre sus dos lomos, la friccion vendrá a ser la misma.

---

del roce rodadizo. 189. Por qué medio se ha hallado las leyes del rozamiento? Enumerad las seis leyes del rozamiento. Mostrad el roce relativo de las maderas,

6°. El roce es mas sensible entre superficies de un mismo material que las de diversos materiales.

Siendo uno mismo el peso, el rozamiento varia mucho, segun la naturaleza de las superficies en contacto. El siguiente cuadro demuestra el término medio del rozamiento en varios casos, suponiendo que la presion sea 100.

Superficies en contacto.	Relacion del roce al peso.	
	Partida.	En mocion.
Madera sobre madera	0.50	0.36
" " " jabonada....	0.36	0.14
" " " ensebada....	0.19	0.07
" " metales............	0.60	0.42
" " " jabonados ..	0.12	0.08
Correas de suela sobre madera....	0.63	0.45
" " mojadas "	0.87	0.33
Metales sobre metales............	0.18	0.18
" " " aceitados...	0.12	0.07

190. Rozamiento rodatorio.—Hemos visto que la resistencia experimentada al rodar un cuerpo cilíndrico, es mucho menos que la que se sentiria arrastrando el mismo. Rodando madera sobre madera, la proporcion de la resistencia a la presion viene a ser como de 16, o 6, a 1,000, mientras que el roce del arrastre en el mismo caso seria como 5 a 10, o 36 a 100, segun las circunstancias. El eminente matemático, Mr. Babbage, cita un experimento hecho con los siguientes resultados: Una piedra de 1,080 libras fué arrastrada sobre la superficie de una roca por una fuerza de 758 lbs.; puesta en una rastra y tirada sobre un plano de madera requirió una fuerza de 606 lbs.; engrasando ambas superficies bastaron 182 lbs.; y cuando por fin se la colocó sobre rodetes de madera de tres pulgadas de diámetro, 28 lbs. fueron suficientes.

191. Modos de disminuir el rozamiento.—Si no se puede aniquilar del todo el rozamiento, se puede al menos contrarrestar sus efectos de varios modos:—

1°. Alisando y puliendo las superficies.

2°. Untando con sebo, aceite, mina de plomo u otros lu-

metales y correas. 190. Explicad el experimento de Babbage sobre el rozamiento.

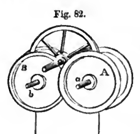


Fig. 82.

bricantes las superficies, por cuyo medio se llenan los intersticios y desigualdades.

3°. Las ruedas llamadas de rozamiento, como se diseñan en la fig. 82, rebajan mucho del roce de un eje, haciéndolo voltear sobre la circunferencia de otras dos ruedas en cada extremo; un aparato mui útil en toda máquina fina y delicada.

192. No obstante que el roce mengua mucho el efecto de las fuerzas mecánicas, su utilidad y ventajas son mui grandes, por otra parte. Esto impide a un rio que se precipite furioso y debastador, por la resistencia que sus aguas encuentran en el roce con sus riberas y lecho; por él una tempestad abate poco a poco su furor, al estrellarse el aire con las desigualdades de la tierra; a él debemos tambien que las fibras de la lana, cáñamo y algodon puedan torcerse y formar telas, pues sin esto se escurrian y aflojarian; los clavos tampoco servirian para su objeto y se desprenderian por si solos; las ruedas de un carruaje voltearian facilmente, pero no lo harian andar un paso; y el hombre mismo o las bestias no podrian moverse. El rozamiento nos sostiene en el suelo y nos permite marchar; y cuando escasea—como sucede a veces en el Norte por el hielo cristalizado con que se cubre la tierra—apenas podemos mantenernos de pié: si faltase alguna vez del todo nos seria imposible dar un paso.

Máquinas.

193. La *máquina* es un instrumento o aparato por medio del cual se trasmite una fuerza de un punto a otro, modificando a veces su intensidad o direccion. Una sierra, un cincel y otros útiles, son especies de máquinas sencillas, que llamamos *instrumentos*. Se da el nombre de máquina solamente a un aparato mas o menos complicado y de gran fuerza.

En el idioma de la Mecánica, la fuerza que se aplica a la máquina se llama la *potencia;* el lugar donde esta funciona, se denomina *punto de aplicacion;* la línea que este punto lleva en su movimiento, es la *direccion de la potencia;* la resistencia que se trata de superar, el *peso;* y la parte de la máquina inmediatamente aplicada a la resistencia, es el *punto de accion;* que tambien determina la suma total de fuerza u obra que puede ejecutar un ingenio.

194. Las máquinas son meros auxiliares de la accion de

191. De cuántos modos se hace menguar el roce? 192. Qué ventajas produce el roce en el órden natural? 193. Qué son máquinas e instrumentos? Qué otros términos

una potencia; jamas *crean* la fuerza misma, como algunos suponen, y no pueden ejercer por consiguiente mas poder que el que les comunica el agente motor: al contrario mas bien defalcan el de este por el roce continuo entre las numerosas piezas que la componen.

Si un hombre con una cuerda y un cubo puede extraer 100 libras de carbon por minuto de una mina que tiene 100 pies de profundidad, con una máquina no sacaria una libra mas en el mismo tiempo. Es verdad que por medio de garruchas levantaria 600, 800 o 1,000 libras a la vez, pero necesitaria 6, 8 o 10 veces mas tiempo que ántes, y por eso en el mismo tiempo no ejecutaria mas trabajo que con las manos solas, y quizá menos a causa del roce de las garruchas. De la misma manera, una cierta cantidad de vapor suficiente para desempeñar 50,000 unidades de obra en un minuto, no haria con la mas perfecta maquinaria una sola unidad mas de trabajo en el mismo tiempo; de todo lo que resulta la siguiente lei universal:

195. *Lo que una máquina gana en cantidad de obra lo pierde en tiempo; y lo que gana en tiempo lo pierde en cantidad de obra.*

Apliquemos esta lei. Una cantidad de vapor necesaria para levantar un pie 50,000 libras en un segundo, puede tambien alzar 100,000, mas requirirá entonces dos segundos para ejecutarlo; o alzaria el peso un pie en medio segundo, pero entonces no habria levantado mas que 25,000 libras. Bajo ninguna circunstancia ocurriria ganancia alguna de obra sin una pérdida correspondiente de tiempo, o una pérdida en tiempo sin una correspondiente pérdida de obra.

196. Movimiento perpetuo.—Algunos han tratado de descubrir una máquina, que fuese puesta en accion sin el auxilio de fuerza alguna externa, y que una vez en movimiento no cese de andar jamas, o mientras no se gaste. Esto es lo que se entiende por *mocion perpetua.*

Muchos miran este proyecto como una quimera; y debe ser asi, puesto que no se concibe como pueda aniquilarse el aire y la friccion o roce, que se opondran necesariamente a la accion de toda maquinaria: mientras que la inercia no pudiendo engendrar de por sí fuerza alguna que compense esta pérdida, la máquina deberá caer en el reposo, a menos que un agente externo, como el viento, el agua o el vapor, venga a continuar la mocion.

197. Utilidad de las máquinas.—Si las máquinas no

se usan en la mecánica? 194. Pueden las máquinas crear la fuerza? Explicadlo con un ejemplo. 195. Cuál es la lei económica de las máquinas? 196. Qué es, y que se

crean fuerza auxiliar alguna, y al contrario la hacen perder por el roce, se preguntará: ¿para qué se las emplea entonces? Porque bajo otros respectos reportan las siguientes ventajas, a mas de otras económicas:

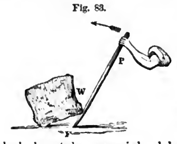


Fig. 83.

1°. Con maquinaria podemos utilizar nuestras fuerzas, y aunque en mas tiempo, ejecutar con ella trabajos que de otra manera no acometeriamos.

Un labrador con su barreta (fig. 83), traslada una piedra, que con sus manos solas no babria podido mover. Quizá con la ayuda de otra persona pudo haberla levantado o empujado al lugar requerido, en la tercera parte del tiempo empleado antes; pero no siempre puede tal vez procurarse esta cooperacion. Con una máquina, 10 hombres pueden tambien hacer el trabajo de 1,000, pero en un espacio 100 veces mas grande; mas la pérdida de tiempo es insignificante al lado de la dificultad de reunir mil bombres y ponerlos a trabajar sin estorbarse entre sí. Por otra parte, hai faenas que un número reducido puede solo acometer de una vez; y en estos casos a menos que se divida la obra, lo que no siempre es posible, quedaria sin hacerse.

2°. Por medio de las máquinas podemos aplicar nuestra propia fuerza mas convenientemente.

En el ejemplo anterior, se percibe que es mas cómodo para el labrador emplear la barra, que el inclinarse a levantar la roca con sus manos. Asi tambien en los grandes almacenes de varios pisos y con bodegas, un empleado auxiliado de un aparato puede alzar o bajar bultos de mercaderias, tirando solo de un cabo al cual añade su mismo peso.

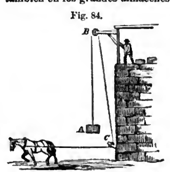


Fig. 84.

3°. Podemos con las máquinas utilizar otras agencias motoras, a mas de nuestra fuerza propia.

Un caballo no puede elevar directamente un peso, pero lo ejecuta con facilidad por medio de un simple aparato, llamado la grua, como el que se ve en la fig. 84.

---

pretende, por el movimiento perpetuo? En qué consiste la utilidad de las máquinas? Un ejemplo. Como ayudan a la fuerza humana? Cómo se utilizan con ellas otras

Tampoco el vapor aplicado directamente hace andar un buque; mas con el auxilio de una máquina se da vueltas a sus ruedas y se le pone en marcha. En este, como en demas casos, la maquinaria *no crea* la fuerza, sino quo la trasmite de un modo mas efectivo.

Fuerza de los materiales.

198. Hai un límite a las fuerzas de toda maquinaria, y este es la robustez o resistencia de los materiales de que está hecha. Algunas máquinas que parecen operar mui satisfactoriamente en el modelo, fallan muchas veces despues que han sido construidas del tamaño requerido, porque al acrecentamiento de la resistencia se agrega su propio peso, y entonces no es fácil hallar un material bastante fuerte que lo aguante.

La naturaleza reconoce tambien sus limites, y los animales que han llegado a cierta edad, dejan de crecer; pues si continuaran su crecimiento, llegarian a un tamaño y peso que los harian inmovibles. Si hubiera animales mas grandes que un elefante, su mismo peso los postraria, a menos que tuviesen huesos y músculos mas gruesos y robustos que los que conocemos. El pescado, al contrario, siendo sostenido por el agua admite mas peso y desarrollo; y así se han visto ballenas de mas de 50 pies de largo y 70 toneladas de peso, proporciones mayores que las que ningun animal terrestre podria soportar.

199. Es el resorte de la Mecánica Práctica determinar la cantidad de resistencia que ciertos materiales pueden aguantar, y como se les pueden combinar con mas ventaja. Ya en otra parte enumeramos la fuerza relativa de algunos de ellos; ahora señalaremos solo algunos principios generales mas dignos de recordarse.

1°. Varas y vigas de un mismo material y tamaño uniforme, resisten todo esfuerzo dirigido a quebrarlas a lo largo en proporcion a las areas de sus extremos.

Que sean dos varas de un mismo largo, cuyas areas acia los extremos son respectivamente de 6 y 3 pulgadas cuadradas: la una soportará un peso dos veces mayor que la otra. Esta lei es aplicable sin distincion de la figura de las varas.

2°. Una vara mui larga y colgada verticalmente sostendrá en su parte de arriba á una porcion mayor de su mis-

---

agencias motoras? 198. Qué límite pone el material a las máquinas? Se nota lo mismo en la naturaleza? 199. Exponed algunos principios generales sobre la fuerza relativa de los materiales.

mo peso, y estará, por consiguiente, mas espuesta a quebrarse.

3°. La fuerza de una viga horizontal apoyada en sus dos extremos, mengua a medida que el cuadrado de su largura aumenta.

Si se colocan de este modo dos vigas de 6 y 3 pies de largo respectivamente, la fuerza de la mas corta será a la de la mas larga, como el cuadrado de 6 es al cuadrado de 3, esto es, como 4 a 1.

4°. Una viga horizontal sostenida en sus dos extremos, cederá mas fácilmente a la presion de un peso suspendido en el medio, mientras su fuerza va creciendo acia los extremos; y si se necesitara por tanto una viga de fuerza uniforme, seria preciso que se la rebajara del centro a los cabos en proporcion.

5°. Una cantidad dada de material tiene mas fuerza cuando se la emplea en forma de cilindros huecos o tubos; una observacion hecha ya por Galileo, al notar la resistencia que presentan los huesos de los animales y las plumas de las aves, así como los tallos de algunas plantas comparativamente a la suma de materia. Ahora hacen uso de esta lei los arquitectos y mecánicos, cuando quieren unir la ligereza a la solidez en una obra.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* §§ 183, 184.) ¿Cuál es la fuerza por caballos de una máquina de vapor que pueda ejecutar 1,650,000 unidades de obra por minuto?
2. ¿Qué número de caballos contará una máquina que puede levantar 2,376 lbs. a 1,000 pies en un minuto?
3. ¿Qué potencia (por caballos) tendrá una máquina que pueda alzar un peso de 1,000 lbs. a una altura de 2,376 pies en un segundo?
4. Una bomba de incendio a vapor capaz de arrojar 220 lbs. de agua a una altura de 75 pies cada segundo, ¿qué número de caballos requirirá?
5. Un pie cúbico de agua pesa $62^1/_2$ lbs., ¿qué fuerza de caballos se necesita para elevar 200 pies cúbicos de agua cada minuto de una mina de 132 pies de profundidad?
6. Una locomotora que tire 15 millas por hora un cordon de carros, cuya resistencia (friccion y todo) equivalga a levantar 1,000 lbs., ¿cuántos caballos tendrá de fuerza?

[*Búsquese la cantidad de pies que la locomotora mueva un tren por minuto, y entonces se procede como anteriormente.*]

7. ¿Cuántas libras de peso por hora puede levantar de una mina de 1,000 pies de profundidad una máquina de 10 caballos de fuerza?
8. Un hombre con una fuerza equivalente a $^1/_8$ de un caballo; ¿cuántas libras podrá sacar de una escavacion de 25 pies de profundidad?
9. (*Véase* § 189, *lei cuarta.*) Si el roce de un convoi de carruages que pese 50 toneladas, andando por un camino de fierro nivelado, equivale a un peso de 500 lbs., ¿cuál será el roce de otro que pese 25 toneladas? cuál el de uno de 100 toneladas? cuál el de otro de 60 toneladas?
10. (*Véase* §§ 195, 196.) C puede sacar cada minuto 75 lbs. de carbon de una mina; usando de un aparato con poleas levantaria 225 lbs. de una vez: siendo la friccion equivalente a 75 lbs., ¿cuántos minutos tardará en levantar esta carga?

[*En las cuestiones prácticas como estas debe incluirse el roce en la resistencia.*]

11. Un hombre con una máquina puede hacer tanto como ocho sin ella, y contando que el roce de sus piezas sea igual a un cuarto de la resistencia; ¿cuánto mas tiempo ocupará a aquel en ejecutar cierta cantidad de trabajo que a los ocho sin la máquina?
12. (*Véase* § 200.) [*Se encuentra el área de una superficie rectangular, multiplicando el largo por el ancho; la de un triángulo, multiplicando la mitad de su base por su altura perpendicular.*] De dos viguetas que tengan, una la seccion de 4 pulgadas de largo y 5 de ancho, y la otra del mismo material 3 por 8 pls., ¿cuál sostendrá mas peso?
13. Supongamos una barra cuadrada de fierro cuyos estremos son 3 por 3 pls., y otra cuya seccion trasversal es un triángulo con una base de 6 y una altura perpendicular de 2 pls., ¿cuál de ellas sostendrá mayor peso colgando?
14. Dos varas de cobre del mismo largo y espesor uniforme tienen respectivamente 4 por 2 pulgadas y 17 por $^1/_2$ pls., ¿cuál de ellas sostendria mayor peso suspendido o por traccion?
15. Dos vigas horizontales del mismo material, ancho y espesor, y sostenidas de uno y otro estremo, tienen respectivamente 2 y 14 pies de largo ¿cuál y cuántas veces es mas fuerte la una que la otra?

CAPÍTULO VIII.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

POTENCIAS MECÁNICAS.

Tan varias y complicadas como nos parecen las máquinas, todas ellas no son, sin embargo, mas que una combinacion de seis potencias sencillas, que se denominan por esto *máquinas simples.* Tales son la palanca, el torno, la polea, el plano inclinado, la cuña y la rosca o tornillo, de cada una de las cuales vamos a tratar separadamente.

La palanca.

201. La *palanca* es una barra firme de metal o madera que se mueve al rededor de un punto fijo, que se llama el *punto de apoyo*, y está sometida a la accion de dos fuerzas encontradas.

La palanca es la mas simple de las potencias mecánicas, y sus cualidades eran ya conocidas en el tiempo de Aristóteles, 350 años ántes de Jesucristo. Cien años mas tarde, Arquímides vino a explicar mas completamente sus propiedades.

202. GÉNEROS DE PALANCA.—En la palanca hai que considerar tres cosas: el punto de apoyo, la potencia y la resistencia o peso. Estas dos últimas fuerzas opuestas estan a los extremos de la barra, y el punto de apoyo se encuentra en el intermedio; y conforme a la posicion relativa de cada uno de ellos, distinguimos tres clases de palanca:—

Fig. 85.

La primera clase es aquella en que el punto de apoyo está entre la potencia y la resistencia; como la que se ve en la fig. 85.

201. Qué son máquinas sencillas y cuantas hai? Qué es la palanca? 202. De

La palanca de segunda clase, es aquella en que la resistencia viene a estar entre la potencia y el punto de apoyo, como en la fig. 86.



Fig. 86. Fig. 87.

Por fin, palanca de tercera clase es aquella en que la potencia se halla entre la resistencia y el punto de apoyo, tal como la fig. 87.

203. Palancas de primera clase.—En las palancas de primera clase, la posicion relativa de los tres importantes puntos, es como sigue: *potencia, punto de apoyo, resistencia*, o tambien *resistencia, punto de apoyo y potencia.*

En el diseño anexo (fig. 88) tenemos una de las formas mas comunes de esta clase de palanca, o sea, la barra simple. La potencia está en el asidero, P; la resistencia o peso que mover al otro estremo, W; y el punto de apoyo es la piedrecita en que se afirma la barra.

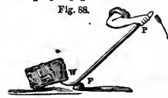


Fig. 88.

204. Cuanto mas próximo esté el punto de apoyo a la resistencia, mayor será el poder de la palanca y mas grande el espacio que P tendrá que atravesar para llegar a remover W a una cierta distancia. Este principio es el que expresa la siguiente

Lei.—Con palancas de primera clase se gana en intensidad de fuerza y se pierde en tiempo, en proporcion que la distancia entre la potencia y el punto de apoyo excede a la distancia entre la resistencia y el punto de apoyo.

De esta manera si la distancia de P a F, en la fig. 88, fuese cinco veces mayor que la de W a P, una presion de 10 libras en P contrabalanceria una resistencia de 50 lbs. en W, y por consiguiente seria capaz de superar toda resistencia que bajase de 50 lbs.; mientras que por cada pulgada que W se levante, P tendrá que descender cinco.

---

cuántos géneros son? Enumeradlas. 203. Cuál es el órden de los tres puntos en la palanca de primera clase? 204. Cuál es su lei? Ejemplo. Es practicable el dicho

Por esto la longitud de la palanca viene a ser de gran importancia en los usos prácticos de este instrumento; y se dice que prevalido Arquímides de esta idea, declaró que con un punto de apoyo podria levantar solo la tierra. Olvidaba con todo este filósofo la distancia que tendria que recorrer para ello, a causa de la desproporcion de sus fuerzas y el tamaño del globo. Suponiendo aun que encontrara el deseado apoyo y un brazo de palanca tan largo como fuerte para la empresa, y llegase hasta hacer gravitar este inmenso brazo con una fuerza de 30 lbs. y al traves de una distancia de dos millas por hora: trabajando de este modo 10 horas por dia, habria empleado mas de cien mil millones de años para mover la tierra una sola pulgada.

205. *La balanza.*—Cuando se pone cuerpos de igual peso en los brazos de una palanca, a una misma distancia del punto de apoyo, se dice que estan en equilibrio o se balancean; y al aparato empleado para conocer el peso de los cuerpos, como el de la fig. 90, se da por esto el nombre de *balanza.*

Fig. 89.

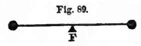
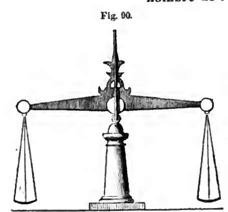


Fig. 90.



En el diseño adjunto tenemos una balanza de las que comunmente se usa para el comercio y otros varios empleos. Consiste esta de un ástil o vara horizontal sostenida sobre una columna, y de cuyos estremos o brazos cuelgan dos platillos, a igual distancia del punto de apoyo. La materia que se quiere pesar se pone a un lado, y en el otro van las pesas.

A fin de obtener mayor exactitud en la pesada, se hace descansar el ástil o cruz de la balanza sobre un filo de acero templado y pulido, de modo que el roce no sea tan sensible. Así se ha fabricado balanzas de pesar hasta 10 libras, que se inclinan con la milésima parte de un grano.

206. Habrá fidelidad en la balanza, solo cuando sus dos brazos son exactamente iguales. Traficantes de mala fé se valen muchas veces de esta circunstancia para defraudar al pobre consumidor, sacando el punto de apoyo un poquito mas afuera del medio del ástil; de esta manera, cuando ellos compran, pesan el artículo en el lado que tiene el brazo mas corto, y si venden en el del mas largo, realizando así una doble utilidad. Conviene por eso, para

de Arquímides? 205. Qué es una balanza? Cómo se efectua la pesada con ellas? 206. Qué se requiere para la fidelidad de la balanza? Cuál es el método de Borda?

estar seguro, pesar el objeto en uno y otro platillo; y si hai diferencia en los pesos, la balanza no es exacta.

Se puede tambien determinar el peso exacto de un cuerpo con una balanza falsa o de brazos desiguales, colocando aquel en un lado, y contrabalanzeándolo del otro con municion o arena; se retira entonces el primero y en su lugar se pone pesas basta obtener el equilibrio. Este método llamado de *dobles pesadas*, fué inventado por Borda; y no puede dejar de dar el verdadero resultado, pues que si ha habido yerro en el primer caso, se corrigiria en el segundo.

207. *La romana.*—Cuando se coloca cuerpos de un peso desigual en los brazos de una palanca, habrá equilibrio entre ellos, si el peso de uno multiplicado por su distancia del punto de apoyo es igual al del otro, multiplicado tambien por su distancia del punto de apoyo.

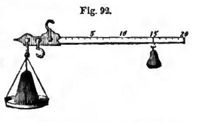
Fig. 91.



Suponed que en la fig. 91 la distancia de W F sea una pulgada y la de P F tres pulgadas. El peso de un cuerpo, 30 lbs., multiplicado por su distancia del punto de apoyo, 1, da 30; el peso del otro, 10 libras, multiplicado por su distancia del punto de apoyo, 3, hace 30. Estos productos siendo iguales, ambos cuerpos entonces se balancean.

208. Tal es el principio que sirve de base a la *romana*, especie de balanza, que aunque no tan sensible como esta, sirve mui bien para objetos pesados, y por su construccion es tambien mas fácil de trasportarse.

Fig. 92.



La fig. 92 representa una romana, que no es sino una palanca con brazos desiguales. Del mas corto de ellos pende la materia que se trata de pesar, mientras que del otro se cuelga un peso fijo, vulgarmente llamado el *pilon*, que se mueve de muesca en muesca hasta obtener el equilibrio necesario. El número de la muesca o corte en que el pilon viene a descansar, indica la cantidad de libras u onzas que pesa el objeto.

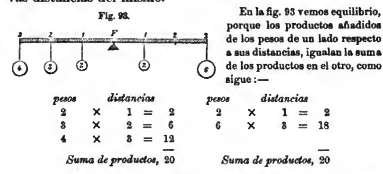
A fin de obviar la necesidad de una nueva romana con ástil mas largo para cuerpos de mucho peso, se la provée comunmente de otro garfio mas próximo todavia a la materia colgante que se va a pesar. Suspendida la romana de este gancho forma un nuevo punto de apoyo, y el peso se gradua por otra série numerada de rayas adaptada al cambio. Cuanto mayor sea la

---

207. Cuál es la teoría de la romana? Ejemplo. 208. Cuál es el uso de la romana?

diferencia en la longitud de los brazos de una romana, mas es el número de libras que es capaz de pesar.

209. Si se suspende mas de dos cuerpos en los brazos de una palanca, estos se balancearán recíprocamente, cuando el peso de los cuerpos pendientes de un brazo multiplicado por sus respectivas distancias del punto de apoyo, es igual al peso de los otros multiplicados tambien por sus respectivas distancias del mismo.


Fig. 93.

En la fig. 93 vemos equilibrio, porque los productos añadidos de los pesos de un lado respecto a sus distancias, igualan la suma de los productos en el otro, como sigue:—

pesos		*distancias*			*pesos*		*distancias*		
2	×	1	=	2	2	×	1	=	2
3	×	2	=	6	6	×	3	=	18
4	×	3	=	12					
Suma de productos,				20	*Suma de productos,*				20

210. *Aplicaciones prácticas.*—Son ejemplos de palancas de primera clase las tijeras, pinzas, atizadores, el asidero de las bombas ordinarias, y varios otros instrumentos simples de uso comun.


Fig. 94.

Citarémos aqui en especial el columpio de tabla designado con varios nombres locales, y tan en boga entre los niños de la campiña principalmente. En algunas partes usan el pértigo de una carreta de dos ruedas, haciendo servir el eje de punto de apoyo. En este caso es un banco sobre el que descansa una tabla, que viene así a emplearse como palanca de primera clase; pero el mas pesado debe sentarse siempre mas próximo al punto de apoyo para preservar el equilibrio, como se ve en la fig. 94.

211. *Palancas curvas.*—El brazo de una palanca puede a veces ser curvo en vez de recto; y en tal caso se la aplican los mismos principios, solo que los brazos de la palanca se estiman, no por su longitud actual, sino por su distancia

Cómo se hace servir una sola para grandes pesos? 209. Cómo se obtiene el peso de varios graves en los brazos de una palanca? Ejemplo. 210. Dad algunos casos de palanca de primera clase. 211. Qué principios rigen en la palanca curva y un ejem-

perpendicular del punto de apoyo a la línea de direccion que siguen en su accion la potencia y la resistencia.

Como ejemplo de palancas curvas citarémos el útil aparato, en forma de una carretilla parada, que se dibuja al lado (fig. 95), y que se emplea con gran ventaja para trasportar bultos sólidos y pesados sobre tablados y suelo liso. Está montado sobre ruedas anchas como roldanas, cuyo eje sirve de punto de apoyo; la resistencia estando en W, y la potencia en P. Pertenece tambien a esta clase de palanca, el garfio que comunmente se añade a los martillos para estraer clavos.

Fig. 95.



212. *Palancas compuestas.*—Las palancas sencillas de la primera clase pueden combinarse de modo que formen *palancas compuestas.*

Se obtiene equilibrio con las palancas compuestas, cuando la potencia multiplicada por los primeros brazos de todas las palancas, es igual al peso multiplicado por los otros brazos de todas las palancas.

Fig. 96.



La fig. 96 representa una palanca compuesta de tres sencillas. Suponed que el brazo largo de cada palanca sea tres veces de la longitud del corto; y entonces una libra en P balanceará 27 en W, porque

$$1 \text{ libra} \times 3 \times 3 \times 3 = 27 \text{ libras} \times 1 \times 1 \times 1.$$

213. Se construye ahora una gran variedad de balanzas, bajo el principio de las palancas compuestas que hemos espuesto. Tales son, entre otras, las llamadas de suspencion inferior, que han sustituido casi del todo a las balanzas de columna en los mostradores del mercader, a causa de su mayor comodidad para pesar objetos voluminosos; pues no tienen cordones o cadenas como estas, ni ocupan tanto espacio. Otras balanzas de esta clase, mui en boga tambien, son las dichas de plataforma, por medio de las cuales se puede pesar hasta carros cargados sin dificultad alguna. Es preciso notar, con todo, que estas balanzas no son, por su mucho roce, de perfecta precision, aunque dan pesadas con bastante aproximacion para los fines ordinarios del comercio.

---

plo de ella? 212. Cuál es la regla de combinacion en las palancas compuestas? Citad un ejemplo. 213. Cuáles son las balanzas compuestas mas conocidas y sus ventajas

214. PALANCAS DE SEGUNDA CLASE.—La posicion relativa de los tres puntos principales en las palancas de segunda clase, es como sigue:—POTENCIA, RESISTENCIA, PUNTO DE APOYO, RESISTENCIA Y POTENCIA.

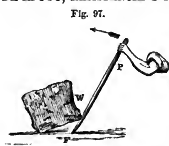


Fig. 97.

La fig. 97 manifiesta como la barra puede usarse tambien como palanca de segunda clase. La potencia está aqui en P, el punto de apoyo en F, y la resistencia entre uno y otro.

215. Cuanto mas cerca esté el peso del punto de apoyo mayor es la ganancia de fuerza, y por consiguiente mas grande es el espacio que P tendrá que recorrer para remover W a una cierta distancia; lo que se expresa en la siguiente

Lei.—Con las palancas de segunda clase, se gana intensidad de fuerza y se pierde tiempo, a proporcion que la distancia entre la potencia y el punto de apoyo excede la distancia entre la resistencia y el punto de apoyo.

De este modo, en la fig. 97, si la distancia P F fuese cinco veces tan grande como W F, una presion de 10 libras en P contrabalancearia un peso de 50 en W, y moveria cualquier otro peso de menos de 50 lbs.; mientras que para cada pulgada que W sea movido, P tendrá que andar cinco en la misma direccion.

Fig. 98.

216. *Aplicaciones prácticas.*—La cuchilla desmenuzadora de los cigarreros y boticarios diseñada en la fig. 98, es un ejemplo familiar de la palanca de segunda clase. Aquella está fija de la punta, F, que hace de punto de apoyo; el mango al otro extremo, P, viene a ser la potencia; y la materia que se trata de cortar acia el medio, constituye la resistencia. Lo mismo sucede con los cascanueces, los aprensadores de limon y otros útiles domésticos.

Una puerta con bisagras, y los remos de un bote, son tambien palancas de segunda clase. En el primer caso, la

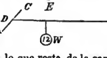
---

respectivas? 214. Cuál es el órden de los puntos en las palancas de segunda clase? 215. Cuál es la lei de su fuerza? Ejemplo. 216. Dad algunos ejemplos prácticos de

bisagra es el punto de apoyo, la mano que la cierra o abre es la potencia, y el peso de la puerta, que puede considerarse como recojido en su centro de gravedad en algun punto entre ambos, forma la resistencia. En el segundo lugar, el agua es el punto de apoyo, las manos del remador la potencia, y el peso del bote concentrado en las chumaceras representa la resistencia. Conforme a la lei sentada en el § 215, cuanto mas distante de las chumaceras empuñemos el remo, mas fácil será la operacion de remar y mayor el vuelo que se dé a la embarcacion.

217. Cuando dos personas llevan entre si un peso colgando de una vara, emplean una palanca de segunda clase. La potencia viene a estar en cada estremo de la varilla, y ambos cabos a su vez bacen de punto de apoyo, mientras la resistencia está en el intermedio o peso que se trasporta. La relacion de la potencia a la resistencia de un lado, sigue la misma lei qne de la del otro; y para que el peso vaya igualmente distribuido, debe suspendersele en el medio. Si no se bace asi, el hombre que está mas cerca a la carga, soportará uu peso mayor en proporcion a su vecindad.

Fig. 99.

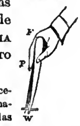


Que sea un peso de 12 libras, W, suspendido de una vara de tres pies de largo, y distante un pie de A y dos de B. Entonces A soportará dos terceras partes de la carga, y B una tercera parte. Por esta razon, si se quiere que de una pareja de caballos el uno tire mas que el otro, no babrá mas que acortar un brazo del balancin mayor del carrnage en la misma proporcion.

Fig. 100.

La fig. 100 nos da una idea de la manera de dividir igualmente un peso entre tres personas. Estando B dos veces tan distante de E como de D, sostiene una tercera parte del peso, W; mientras que A y C a los extremos de la palanca de brazos iguales, A B C, llevan proporcionalmente lo que resta de la carga, o sea una tercera parte cada uno.

Fig. 101.



218. Palancas de tercera clase.—En las palancas de tercera clase el órden relativo de los puntos esta así:—Punto de apoyo, potencia y resistencia, o resistencia, potencia y punto de apoyo.

Las pinzas dibujadas en la fig. 101, es una palanca de tercera clase. Las dos paletas se juntan a un extremo, F, para hacer un punto de apoyo; la materia que se agarra con ellas

palancas de segunda clase. 217. Cómo se distribuye igualmente un peso trasportado por dos y tres personas? 218. Cuál es el órden de los pnntos en las palancas de ter-

figurada en W, es la resistencia; y los dedos aplicados en el intermedio, P, constituyen la potencia.

219. A diferencia de las otras palancas, las de tercera clase son mas bien desventajosas en el sentido mecánico; porque para producir equilibrio se requiere siempre que la potencia sea mas grande que la resistencia.

Lei.—Con las palancas de tercera clase se pierde intensidad de fuerza y se gana tiempo, en proporcion que la distancia de la resistencia al punto de apoyo excede la distancia de la potencia al punto de apoyo.

Asi se muestra en la fig. 101, que si F W es tres veces tan grande como F P, requerirá una potencia de tres libras en P para contrabalancear la resistencia de una libra en W. Palancas de esta especie no se emplean por eso cuando se desea obtener mucha fuerza, sino cuando se trata de superar una poca resistencia con gran rapidez.

220. *Aplicaciones prácticas.*—Las tenazas de azúcar y de fuego, y otros instrumentos parecidos a estos o construidos bajo el mismo principio, son ejemplos prácticos de las palancas de tercera clase. Con todas ellos se experimentará dificultad para levantar un peso, especialmente cuando se les ase mui cerca de su cabeza.

Las tijeras de esquilar son tambien una palanca de tercera clase, y maravillosamente adaptadas a su objeto; pues siendo la lana flexible, es necesario cortarla rápidamente, al paso que la operacion no requiere mucho esfuerzo.

Una puerta se convierte en palanca de tercer órden, cuando se trata de moverla cerca de sus goznes o bisagras. La mucha mas fuerza que hai que desplegar en este caso, nos hace ver la inconveniencia de este mecanismo. Así mismo, cuando una persona intenta alzar una escalera apoyando un extremo de ella contra una muralla, levantándola del otro por debajo, piso por piso, experimentará una resistencia progresiva a medida que se acerca a la punta, es decir, luego que ha pasado su centro de gravedad y convertidose en palanca de tercera clase.

221. La naturaleza ha empleado una palanca de tercera clase en los huesos de los animales, como se ve en el antebrazo humano diseñado en la fig. 102.

Fig. 102.



El punto de apoyo se encuentra

---

cera clase? Ejemplo. 219. Cuál la lei de su fuerza? Ejemplo. 220. Citad algunos casos de palancas de tercera clase y como operan. 221. Demostrad el del brazo hu-

en F, la coyuntura del codo; el músculo biceps descendiendo de la parte superior del brazo e insertado en P, cerca del codo, opera como potencia; mientras la resistencia, W, está en la mano. Si la distancia F W fuese 15 veces tan grande como F P, requeriria una potencia de 15 lbs. en P para contrabalancear una libra en W; y cuando el brazo está estendido, la desventaja viene a ser mayor aun, a causa de que el músculo no obra perpendicular sino oblicuamente al hueso.

Esto explica la dificultad de sostener un gran peso con el brazo extendido. Con todo, a medida que la potencia pierde, la ligereza en la mocion la sostituye; y una leve contraccion del músculo, da movimiento a la mano en un espacio comparativamente largo con gran rapidez. El sabio designio de la Providencia se manifiesta aquí en la adaptacion del objeto a un plan determinado. El hombre no necesitaba tanto la fuerza como la rapidez de mocion, desde que tiene a sus órdenes tantos agentes externos de la naturaleza.

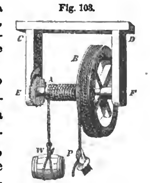
El torno.

222. El torno constituye la segunda potencia simple en la Mecánica. Consiste este en un cilindro de un diámetro cualquiera, y una rueda que tiene su centro y es perpendicular al eje de dicho cilindro.

La forma mas simple de rueda y eje, es aquella en que la potencia actua por medio de una cuerda atada a la circunferencia de la rueda, mientras que el peso o resistencia pende de otra cuerda que pasa al rededor del eje en direccion contraria.

Tal es la clase de máquina que se manifiesta en la fig. 103. C D es el marco, B es la rueda, A es el eje embutido en la estructura en los extremos E y F con espigas de hierro, sobre las que voltea. P es la potencia, y W el peso.

Fig. 103.



223. La palanca comun sirve solo para mover cuerpos a una corta distancia, mediante esfuerzos repetidos a intervalos. El torno puede considerarse como una palanca modificada, que corrije este defecto, y convierte en mocion constante la accion intermitente de la otra; y por eso se le llama a veces una *palanca perpetua.*

mano. 222. En qué consiste el torno? Cuál es su forma mas simple? Ejemplo.

224. El torno con su eje debe girar a un mismo tiempo. En cada revolucion que hace, enrolla una cantidad de cuerda correspondiente a la circunferencia de la rueda; mientras que en su eje envuelve solo otra porcion igual a la circunferencia del mismo. Hai por consiguiente una pérdida de tiempo mas o menos grande segun que la circunferencia de la rueda excede a la del eje; pero por las leyes de la Mecánica antes esplicadas, debe haber tambien una ganancia proporcionada en fuerza.

Considerando el torno como una palanca de primera clase, tenemos que la circunferencia de la rueda es el brazo largo y la del eje el brazo corto. Si se da el diámetro de la rueda y del eje en vez de sus circunferencias, se les puede tomar entonces por los dos brazos; y lo mismo sucede si se da sus rádios. En la práctica se concede generalmente un 10 por ciento de peso, a causa de la tesura de la cuerda y el roce de las espigas.—De aqui la siguiente lei:

225. Lei de la rueda y eje.—*Por medio del torno, se gana intensidad de fuerza y se pierde tiempo, á proporcion que la circunferencia de la rueda excede la del eje.*

De este modo si en la fig. 103 la circunferencia de la rueda B es de cinco pies y la del eje A de un pie, una potencia de 40 libras en P contrabalancea la resistencia de 200 lbs. en W, y levanta por consiguiente todo peso que baje de 200 lbs.

226. Diversas formas de torno.—El torno es una máquina de uso mui comun y se le emplea bajo diferentes formas.

Fig. 104.

En vez de una cuerda atada a la rueda, se provee a esta de asideros para formar un manubrio, como se ve en la fig. 104. Esta clase de torno con rueda, se usa comunmente en los buques para guiar el timon. A fin de estimar sus ventajas, debemos tomar la circunferencia del círculo descrito por el punto en que se pone la mano, y nó por el de la rueda.

Fig. 105.

Otra forma mas usual todavia es la que se advierte en la fig. 105, y sirve para sacar agua de las norias y los cubos cargados de las minas. En vez de una rueda tiene una cigüeña unida al eje. Se calcula las ventajas de este torno, comparando el círculo descrito por la estremidad del asidero (marcado en la fig. con puntitos) con la circunferencia del eje.

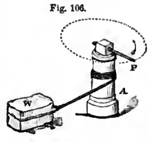
En la fig. 106 vemos otra forma de torno. Aquí el eje A es vertical, en vez de horizontal; y en lugar

---

223. Cómo puede considerarse la palanca? 224. Esplicad la teoria del torno y su modo de obrar. 225. Cuál la lei de la fuerza del torno? Ejemplo. 226. Bajo que

de rueda se le inserta una barra o *palanqueta* en la cabeza, a cuyo extremo se aplica la fuerza necesaria para la mocion. Si la circunferencia de A es 3 pies y el círculo descrito por P es 12 pies, una potencia de 1 libra en P contrabalanceará un peso de 4 lbs. en W.

Fig. 106.



227. *El cabestante.*—Esta máquina de uso mui comun (fig. 107), es la forma mas general de la clase de torno ántes espresada. Los marineros la emplean para atracar sus buques al muelle, para levar anclas, etc. Se compone el cabestante de una pieza de madera sólida, en la que hai envuelto un cable; su cabeza es circular, y está perforada de agujeros en los que se insertan palanquetas, cuando se quiere operar con él. Asidos a estas los trabajadores se pasean al rededor del aparato, haciéndolo así girar con su empuje. Las palanquetas hacen aquí de palancas de segunda clase, y cuanto mas largas sean tanto mas fácilmente se las moverá, pero entonces tendran que recorrer un mayor espacio.

Fig. 107.



228. En las embarcaciones pequeñas se usa del árgano o molinete en vez del cabestante.

El molinete es horizontal o paralelo a la cubierta; y consiste en un palo redondo sostenido de ambos extremos y perforado con hileras de agujeros. En estos se introducen los espeques, y el marinero tira de ellos hasta dar una media vuelta al barril del molinete. Un aparato especial de lingüetes y una rueda dentada, sostiene a este para dar lugar a que las palanquetas se saquen y vuelvan a poner en otros agujeros mas adelante, repitiéndose una y otra vez la misma operacion. Este instrumento opera bajo el mismo principio del cabestante, pero no tan convenientemente.

229. Las ruedas hacen parte considerable de toda maquinaria, y tratarémos despues de los modos de combinarlas.

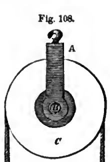
La polea.

230. La polea es la tercera potencia mecánica simple. Esta es una rueda por cuya circunferencia acanalada pasa

---

formas se le usa? Enumerad algunas de ellas. 227. Exponed el uso y modo de operar del cabestante. 228. Cómo se emplea el molinete? 229. Qué se dice de las rue-

Fig. 108.



una cuerda, que hace girar aquella en un eje fijo a un marco o caja.

La fig. 108 representa una polea. A es la caja, B es el eje y C la rueda. Por el canalete de esta corre una cuerda, de un extremo de la cual está la potencia y del otro la resistencia o peso que se quiere elevar.

231. GÉNEROS DE POLEAS.—Hai dos géneros de poleas, una *fija* y otra *movible*.

232. *Poleas fijas.*—La polea fija es aquella que está inmóvil o adherida a un punto.

Fig. 109.

La fig. 109 nos señala una polea fija. La caja está enclavada a una viga saliente. P es la potencia y W el peso, y por cada pulgada que la potencia desciende, se eleva otro tanto el peso. Por consiguiente no hai pérdida de tiempo ni ganancia en intensidad de fuerza. Una libra en P contrabalanceará precisamente otra en W.

233. En este caso, como en todas las reglas pertenecientes a las potencias mecánicas, debe tenerse presente que no se toma en cuenta el roce. A causa de la tiesura de una cuerda y el roce del eje, se concede en práctica hasta el 20 por ciento en el peso, y a veces mas aun.

234. Aunque las poleas fijas no aumentan la fuerza, se las emplea frecuentemente para cambiar la direccion del movimiento. Asi el marinero iza velas desde la cubierta de un buque sin subir al mastelero, tirando solo del cable que pasa por la garrucha, y al que está atada la verga. Del mismo modo, el constructor de casas usa de poleas fijas para levantar la piedra o mármol, y el cargador para alzar bultos a los pisos superiores de un almacen.

235. Con dos poleas fijas se puede cambiar en vertical la mocion horizontal, como en las gruas con que se iza pesos considerables por la fuerza de caballos, conforme se dibuja en la fig. 84.

236. La fig. 110 manifiesta como una persona puede

---

das? 230. En qué consisten las poleas? 231. De cuántos géneros son? 232. Qué son poleas fijas? Ejemplo. 233. Qué pérdida de fuerza ocasiona el roce? 234. Por qué se usan las poleas fijas? 235. Cómo cambian en vertical la mocion horizontal?

elevarse a una gran altura o descender de ella, por medio de una polea fija. Aparatos de esta clase se ve a veces en las ventanas de elevados edificios, para servir de salvamentos en caso de incendios.

Fig. 110.



237. *Poleas movibles.*—Polea movible es la que no está fija a eje alguno.

La fig. 111 representa una polea movible. A es la rodaja; un cabo de la cuerda está atado a un punto fijo, D, y la potencia obra del otro, en P.

238. Para levantar con la polea movible un peso a una cierta distancia, es preciso alzar la mano a una altura doble a la de aquella; y como entonces se pierde tiempo en la proporcion de 2 a 1, se duplica la intensidad de la fuerza. Una potencia de una libra en P, contrabalanceará dos libras en W, levantando todo peso menor de dos libras.

Fig. 111.



Fig. 112.

239. Rara vez se usa sola una polea movible; y generalmente se la combina con una polea fija, como se ve en la fig. 112. No se obtiene mas poder con esto; al contrario, se pierde alguna cosa con el roce de las dos poleas, que viene a ser el doble de una sola. Mas esta pérdida está mas que compensada, con la facilidad que proporciona para tirar.

Fig. 113.



240. Cuando se necesita emplear mucha fuerza, varias poleas fijas y movibles se entrelazan a la manera de la fig. 113. A y B son poleas fijas; C y D son movibles, y de ellas pende el peso W. Un cabo de la soga está atado a la extremidad inferior F, del moton fijo, y el otro sirve de potencia, despues de cruzar sucesivamente cada una de las cuatro poleas.

A fin de mover W una pulgada por este aparato, es preciso acortar cada doblez de la cuerda otra pulgada, y P debe por tanto andar tantas pulgadas como dobleces hai en la cuerda. Habiendo dos dobleces para cada polea movible, resulta la lei siguiente:—

---

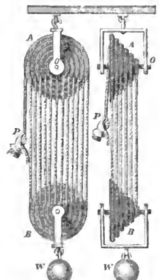
236. Cómo sirven de salva-vidas? 237. Qué son poleas movibles? Ejemplo. 239. Se gana fuerza combinándolas con las fijas? 240. Cómo se las combina para producir grandes fuerzas?

241. *Lei de las poleas movibles.—Con poleas movibles, una potencia balanceará un peso tantas veces mas grande que el suyo, como el duplo de poleas movibles en uso.*

En la fig. 113, una potencia de 1 libra balanceará un peso de 4 lbs. Si hai tres poleas movibles empleadas, 1 libra en P contrabalancearia 6 lbs. en W; si 4, 8 lbs. etc. Sin embargo, el roce anula gran parte de esta ganancia.

242. *Polea de White.*—A fin de menguar el rozamiento, cuando se requiere el uso de muchas poleas, se hace girar todas ellas en un mismo eje. Se consigue esto dando una sola caja para todas las poleas de arriba, y otra para las de abajo; de modo que una sola pieza de madera o hierro sirve de varias roldanas, por medio de canaletas que se labran en ella en lugar de rodajas separadas. Se supone que de esta manera el roce de muchas garruchas viene a quedar reducido a una sola. Este aparato se llama la *polea de White*, del nombre de su inventor.

Fig. 114.



En la fig. 114 se divisa el frente y costado de una de estas máquinas. A es una polea fija con muescas de diversos tamaños, en forma de roldanas distintas; B es otra polea movible construida del mismo modo. Se emplea una sola cuerda, que se ata de un cabo a la rodaja mas pequeña de la polea fija, y se le aplica la potencia del otro. Dejando el roce aparte, la potencia contrabalanceará tambien en este caso un peso mas grande que el propio, como el duplo de poleas movibles. Aquí se ven seis de estas, y por tanto una presion de 1 libra en P equilibraria dos veces seis, o 12 lbs., en W. Pero se encuentra que la elasticidad de la cuerda produce tanto roce en los canaletes que este sistema no surte el efecto deseado.

243. Otro sistema de poleas movibles se muestra en la fig. 115, donde cada una de ellas tiene una cuerda por separado, que se amarra de un estremo a un punto fijo.

241. Cuál es la lei de las poleas movibles? 242. En qué consiste la polea llamada de White? Describidla. 243. Hai todavia otro sistema de poleas? Describidlo teórica

Fig. 115.

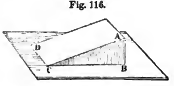
Para alzar una pulgada la mas baja de las poleas, A, y el peso cargado en ella, es preciso tirar otras dos pulgadas de su cuerda; lo que se hace llevando mas arriba dos veces 2, o 4 plgs. del cordel de la de B, y esta a su vez dos veces 4, u 8 plgs. del de C. Por consiguiente, P debe descender 8 pulgadas para levantar una a W. Si hubiera cuatro poleas movibles, P tendria que bajar 16 pulgadas para elevar una a W; y si 5, 32 pulgadas; y así en adelante, doblando la distancia de P por cada polea añadida. Resulta en este sistema, que la *potencia* equilibra un peso tantas veces mas grande al suyo, como 2 elevado a una potencia indicada por el número de poleas movibles.

244. La polea suministra un poder tan útil y expedito como barato, que no es estraño sea tan usada en sus formas mas simples. Sin embargo, se pierde tanto por el roce y poca flexibilidad en las cuerdas en los sistemas mas complicados, que rara vez se les emplea sino para elevar pesos enormes.

Plano inclinado.

245. El plano inclinado es la tercera potencia mecánica simple. Consiste este en una superficie plana inclinada al horizonte de un ángulo cualquiera. Todo camino que no esté nivelado, viene a ser así un plano inclinado.

Fig. 116.



En la fig. 116, A D es un plano inclinado, del que A C constituye la longitud, A B la altura, y B C la base. Un plano inclinado se supone ser, teoreticamente hablando, perfectamente liso y duro. Sin embargo como no existe tal clase de superficies, al avaluar el mérito de esta máquina para objetos prácticos, es necesario tener en cuenta el roce mas o menos fuerte que ocurre, en proporcion a las irregularidades o blandura de la superficie.

246. Un cuerpo en movimiento sobre una superficie horizontal, se sostiene por su propio peso y no tiene que superar mas que la resistencia del aire y el rozamiento. Si se le levanta perpendicularmente no hai roce, pero tenemos que arrastrar la resistencia de todo su peso y del aire. Elevándolo por me-

---

y prácticamente. 244. Qué se dice en general de las ventajas de la polea? 245. En qué consiste el plano inclinado? 246. Cuál es su mérito comparativo? 247. Cuál es

dio de un plano inclinado, hai que luchar contra el aire, el roce y una porcion de su peso mas o menos grande conforme a la inclinacion del plano. Por eso es mas difícil subir un cuerpo por un plano inclinado que llevarlo por una superficie nivelada, como lo esperimentamos tirando un carro sobre una loma; pero es mas fácil que levantarlo perpendicularmente a la misma altura.

247. *Lei.—Con un plano inclinado, ganamos intensidad de fuerza y perdemos tiempo, en proporcion que su longitud excede a su altura.*

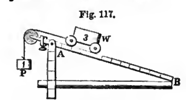


Fig. 117.

Supongamos de este modo, que en la fig. 117 el plano A B sea de 12 pies y su altura de 4; entonces 1 libra en P contrapesará 3 lbs. en W.

A una cierta altura, cuanto mas largo sea un plano mas facilmente lo ascenderá un objeto. Por esto se evitan los caminos directos en las cuestas elevadas, y se les da al contrario una direccion oblícua por sus costados. El instinto mismo enseña este principio a un caballo u otro animal, que para traspasar un cerro no se encamina directamente a su cumbre, sino que avanza en zigzag o *culebreando*, segun la espresion vulgar.

248. *Aplicaciones prácticas.*—Para cargar bultos pesados en un carro o levantarlo al piso alto de una casa, se facilita mucho la operacion poniendo tablones o *camas*, en forma de plano inclinado. Lo mismo se hace para hacer pasar carruajes o carretillas de mano por una elevacion cualquiera. Pero la aplicacion mas importante de este principio, es en la construccion de baraderos marítimos por via ferrea, por medio de los cuales puede sacarse del agua buques enormes para carenar o repasar sus fondos. Se usa tambien a veces en los ferro-carriles para trasmontar colinas, cuando se quiere evitar la construccion de un socabon o tunel.

249. El plano inclinado fué conocido de los antiguos, y se supone que con su ayuda los ejipcios levantaron esas inmensas moles de piedra que forman las famosas Pirámides.

250. *Lei de los cuerpos rodando por un plano inclinado.*—Los cuerpos que ruedan acia abajo por un plano incli-

---

la lei de su fuerza? Un ejemplo razonado de ella. 248. Qué aplicaciones se hace del plano inclinado? 249. Lo conocieron los antiguos? 250. Qué mocion tienen los cuer-

nado, llevan una mocion uniformemente acelerada, y obtienen al acercarse a la base una velocidad igual a la que tendrian si fueran dejados caer perpendicularmente del punto de arranque.

Una bala desprendida de una altura de 64¹/₃ pies, habrá adquirido una velocidad de 64¹/₃ pies al tocar el suelo. Si ahora se la deja rodar por una superficie inclinada de una milla de largo y perfectamente lisa y dura, obtendria al fin de su carrera precisamente la misma velocidad. Cuanto mas corto sea el plano, menos tiempo tomaria en asumir la velocidad dicha.

251. En las altitudes perpendiculares de consideracion, los objetos que ruedan por un plano inclinado adquieren un ímpetu espantoso al llegar a su término. Un ejemplo notable de esto se ve en una especie de deslizadero natural, que hai en la vecindad del Lago de Luzerna, en Suiza, por el cual se despeñan de intento abetos corpulentos desde la cima al pie de la sierra. Tienen para esto que hacer una carrera de cerca de ocho millas de largo; y aunque el descenso no es mas que de 300 pies por milla y el terreno es algo escabroso, los arboles dichos se precipitan por él con terrible y estrepitosa velocidad, atravesando toda la distancia en menos de ocho minutos.

La cuña.

252. La cuña es la quinta potencia mecánica simple. Esta tiene dos formas, segun el uso a que se la destine.

253. Primera clase de cuña.—La cuña es aquí un mero plano inclinado, sólido y movible; y se la emplea para levantar pesos grandes a una corta elevacion, siguiendo en esto la lei del plano inclinado; esto es, *que la potencia contrabalancea un peso mayor al propio, tantas veces como la altura de la cuña está contenida en su longitud.*

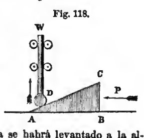


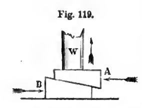
Fig. 118.

La fig. 118 explica la manera en que la cuña sirve para elevar pesos. W D es una columna estable y que no puede moverse mas que perpendicularmente acia arriba; y A B es una cuña puesta a su base. Se hace pasar entonces la punta aguda de la cuña por la extremidad inferior del pilar, aplicando una fuerza al costado B C; y W há de ascender por necesidad, pues no puede cambiar de direccion. Pasando así por debajo la cuña a C, la columna se habrá levantado a la altura de B C.

---

pos descendentes por un plano inclinado? 251. Citad el caso práctico experimentado en Suiza. 252. De cuántas formas es la cuña? 253. Qué viene a ser la cuña de segun-

Fig. 119.



Otro modo mas comun de alzar cuerpos con esta máquina se encuentra en la fig. 119. A y B son dos cuñas semejantes; golpeandolas simultaneamente por sus lados opuestos, el peso W subirá poco a poco. Es preciso para esto que se emplee igual fuerza de ambos lados, como si fuera una sola cuña; por lo que se necesita una potencia doble, asi tambien como es doble la altura que alcanza a elevarse.

254. La aplicacion de esta cuña es eficaz y utilísima para muchos objetos, aunque no tiene el poder de moverlos a mucha distancia. Con ella se enderezan buques en un dique seco, o se restablece el nivel de casas desplomadas. Se las usa para extraer aceite de semillas. Estas se ponen en sacos entre piezas de madera fijas, a las que se aplican las cuñas de modo que compriman el grano hasta hacerlo una masa compacta, extrayéndole todo el zumo aceitoso que contenian.

255. *Aplicaciones comunes.*—El escoplo y otros instrumentos que rematan en filo sacado de un lado solamente, son ejemplos familiares de esta clase de cuña. Cuanto mas larga sea la parte aguzada respecto a su espesor, tanto mas eficaz será el instrumento.

256. Segunda clase de cuña.—Dos planos inclinados unidos por su base, constituyen la forma de una cuña de segunda clase (fig. 120). Se usa para rajar maderos y hender rocas en las canteras.

Fig. 120.



Esta cuña está destinada a vencer la cohesion existente en los cuerpos; pero para producir su efecto es necesario introducirla a golpes, pues no basta la mera presion. Una vez dentro el roce mismo la retiene en su lugar, mientras que cada golpe la hace avanzar mas y mas.

256. *Aplicaciones comunes.*—Las navajas ordinarias y de afeitar, las hachas y machetes, los clavos, y todo instrumento cortante con filo sacado de uno y otro lado, son ejemplos de esta clase de cuñas. Las agujas y alfileres pueden considerarse como cuñas con infinidad de costados; y en todos estos casos, cuanto mas largo el instrumento en proporcion a su espesor, mayor es la ventaja que reporta.

La rosca.

257. La rosca, mas comunmente llamada el *tornillo*, es la sexta y última de las potencias mecánicas simples. Esta

---

da clase y cual es su lei mecánica? Dad un ejemplo demostrativo de ella. 254. Cuáles son su utilidad y defectos? 255. Qué otros usos se hace de esta cuña? 256. Cuál es la segunda clase? Cuál es su uso? 256. Qué aplicaciones se hace de ella? 257. Qué

es un filete espiral saliente con una muesca, que desciende alternativamente al rededor de un cilindro en curvas paralelas. El *filete*, que da vuelta al rededor del cilindro o *huso*, se llama tambien *hilo* del tornillo, y la distancia del centro de una vuelta del filete al centro de la proxima, se llama el *paso* del tornillo.

En la fig. 121 tenemos un tornillo. Supóngase que desarrollasemos este hilo o filete del huso, comenzando en A; y tendriamos entonces una cuña continuada. Estaria esta unida al huso por su lomo, y de su espesor dependeria la mayor o menor distancia entre sus hilos.

Fig. 121.

A

258. Clases de Tornillo.—Los tornillos son de dos clases:—

1°. El tornillo exterior o convexo mostrado en la fig. 121, en el que el filete y muesca estan acia fuera del cilindro;

2°. El tornillo interior o cóncavo, en que el filete y muesca quedan, en lo que se puede considerar, la superficie interna del cilindro.

Estas dos formas se usan a la vez, y se las denomina comunmente en conjunto el *tornillo y la tuerca*. Todo tornillo ha de tener su tuerca estriada de modo que pueda recibir la rosca de aquel.

259. Unas veces tambien la rosca está fija y la tuerca es movible, y en otras, como en la fig. 122, la tuerca es invariable y la rosca movible.

260. *Ventajas del tornillo.*—La potencia actua sobre la cabeza del tornillo, y sobrepuja la resistencia por la presion ejercida sobre el otro extremo. Cada vuelta corresponde a otra dentro del cóncavo de la tuerca, avanzando toda la distancia que hai entre dos hilos; y en la misma proporcion comprime el objeto fijo sobre que se le dirije. Por eso—*la potencia del tornillo produce una presion tantas veces mas grande que la propia, como la circunferencia de la cabeza es mayor que la distancia entre los centros de los hilos.*

---

es la rosca o tornillo? Qué se llama su huso e hilos, y qué su paso? Ejemplo. 258. Cuántas clases hai de tornillo? Qué es la tuerca? 259. Qué otras formas toma el tornillo? 260. Cuáles son sus ventajas teóricas? A qué vienen a quedar reducidas

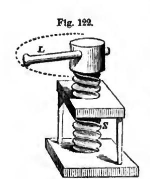


Fig. 122.

En este caso tambien el roce disminuye el efecto, y a fin de acrecentar la fuerza se le añade una palanca, como se advierte en la fig. 122, en la que S es el tornillo y L la palanca.

Para estimar la potencia del tornillo en este caso, en vez de la circunferencia de la cabeza se toma el circulo descrito por la paleta en el punto en que se pone la mano. En la fig. 122, que sea el paso ó la distancia entre los hilos, de 1 pulgada, y el círculo marcado con puntitos de 100 pls.; entonces una potencia de 1 libra (aparte del roce) en la extremidad de la palanca, producirá una presion de 100 libras en el otro extremo del tornillo.

261. La prensa de encuadernar.—En esta máquina no es el tornillo el que da vueltas, sino la tuerca que se hace tornar con una palanca, forzando a la rosca a subir y ejercer la presion. La fig. 123 da una idea de este aparato mui usado por los encuadernadores.

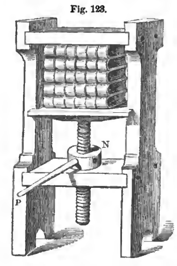


Fig. 123.

S es el tornillo que la tuerca hace subir o bajar. Esta tuerca N es fija, y por medio de una palanca que se introduce alternativamente en los agujeros de que está rodeada, se la empuja en torno en forma de un cabestante. La potencia viene a estar en P, la extremidad de la palanca, y los libros u objetos que se trata de aprensar en el intermedio de las dos planchas. En este caso tambien se calcula su fuerza, dividiendo la circunferencia descrita por P por la distancia entre los hilos.

262. Tornillo de Hunter, o tornillo diferencial.—A veces por la mui fuerte presion sobre el tornillo, los hilos pueden dar de sí, mucho mas teniendo que ser estos necesariamente delgados por su misma proximidad. Para evitar esto se hace uso de una invencion mui curiosa llamada *tornillo diferencial* o *tornillo de Hunter*, del apellido de su inventor.

en la práctica? Cómo se aumenta su fuerza? 261. Haced un análisis de la prensa de

Este aparato tiene dos husos, el uno contenido en el otro, de modo que a medida que el mas largo desciende el mas pequeño asciende, aunque no tanto. La diferencia en los pasos respectivos de las dos roscas, determina el progreso hecho por el conjunto. De aqui es que la potencia, en este tornillo, engendra una presion tantas veces mayor a la suya, como la diferencia entre los pasos respectivos en ambos tornillos está contenida en el círculo descrito por la potencia.

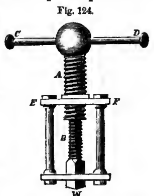
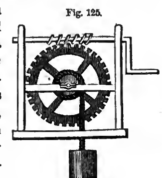


Fig. 124.

Refiriéndonos a la fig. 124, A es el huso largo y B el corto; C D es la palanca de accion, y E F la tuerca estacionaria. La presion se ejerce en W. Ahora si el paso de la rosca mayor es de 1 pulgada, y el de la menor $^3/_4$ de una pulgada, la diferencia es un $^1/_4$ de pulgada. Supóngase entonces que la palanca describe con sus extremos un circulo de 100 pls., la ganancia vendria a ser igual a 100 multiplicado por $^1/_4$, o 400; esto es, una potencia de 1 libra aplicada a la palanca producirá una presion de 400 lbs. en W.

Haciendo que los hilos de los dos husos vayan casi a igual distancia, se obtiene una potencia inmensa sin reducir por esto el tamaño y fuerza de los filetes o hilos. La accion del tornillo es proporcionalmente lenta, pues lo que se gana en poder se pierde en tiempo.

263. El tornillo perpetuo.—En vez de operar dentro de una tuerca, el tornillo puede actuar sobre la circunferencia de una rueda dentada. Su única mocion en este caso, es al rededor de su eje. Volteando la cigüeña, los hilos de la rosca se engranan en los dientes de la rueda y la hace andar. Uno tras otro van pasando estos dientes, dando asi a la rueda una mocion continuada, y se la denomina por esto el *tornillo perpetuo*. Su modo de operar para levantar obje-


Fig. 125.

---

encuadernar? 262. Cuál es el principio y composicion del tornillo de Hunter? Cuál es su mérito? 263. Cómo está constituido el tornillo perpetuo?

tos, cuando se le combina con el eje del torno, aparece bien claro en la fig. 125.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 204.) Supongamos una palanca de primera clase de 20 pulgadas de largo, cuyo brazo mayor sea de 15 pls., y el menor de 5. ¿Qué potencia se requeriria para alzar con ella un peso de 112 libras? qué peso equilibraria con la misma una potencia de 50 lbs.?
2. Un labrador emplea para arrancar un tronco una barra de 6 pies de largo, la que apoya en una piedra distante cinco pies del punto en que tiene su mano; ¿qué grado de presion necesitará para sacarlo, suponiendo que el tronco ofrezca una resistencia de 500 libras?
3. Un hombre que pese 180 lbs. y un muchacho de 60 lbs. tratan de balancear una tabla de 12 pies de largo; ¿cuánto mas cerca al punto de apoyo debe ponerse el adulto que el niño?
4. Otro hombre que posee una fuerza igual a una presion de 120 lbs., pretende levantar una roca de peso de 600 lbs. con una palanca de primera clase; ¿cuál ha de ser la longitud comparativa de los brazos de esta palanca?—Si el mismo individuo mueve por sí mismo 120 lbs. trienta pies por minuto, ¿qué tiempo necesitará para llevarlas la misma distancia con una palanca?
5. (*Véase* § 207.) El brazo corto de una romana tiene 2 pulgadas de largo, y a su extremo hai suspendido un peso de 10 lbs.; ¿qué peso necesita del otro brazo para balancearlo, siendo un pie el largo de la romana?
6. (*Véase* § 212.) Supongamos una palanca compuesta de dos simples, de la que los dos primeros brazos son de 10 pls. cada uno, y los cortos de 2 pls.; ¿cuánto peso soportará el extremo de estos últimos con una potencia de 1 lb. en el de los otros?
7. (*Véase* § 215.) Una palanca de segunda clase tiene 20 pls. de largo y el peso está a 5 pls. del punto de apoyo; ¿qué potencia se requiere para equilibrar un peso de 112 lbs.?
8. Una palanca como la anterior, ¿qué resistencia contrapesaria con una potencia de 50 lbs.?
9. A trabaja con un remo de 9 pies de largo, estando las chumaceras del bote a 2 pies de sus manos; y B rema con otro de 8 pies, y la chumacera distante 1 pie de su mano: ¿si tiran de remos de una igual largura, cuál de ellos impelerá con mas fuerza el bote?
10. (*Véase* § 217.) Un hombre y un muchacho llevan un peso de 150 lbs. suspendido en el medio de una vara de 5 pies de largo. Si el niño no puede cargar mas de 30 lbs., ¿a qué distancia debe ponerse del peso, para dividir proporcionalmente la carga con el hombre?
11. Tres hombres llevan entre sí una carga de la manera representada en la fig. 100; el que va solo de una punta es dos veces mas fuerte que cada uno de los otros dos: siendo la vara de 4 pies de largo, ¿como ha de ponerse el peso, de modo que cada cual soporte una parte proporcionada a su fuerza?

12. (*Véase* § 219.) Una palanca de tercera clase con 20 pls. de largo, y una potencia distante 5 pls. del punto de apoyo, ¿de qué fuerza debia ser esta para contrapesar 112 lbs.?

13. Si a una tenaza de 6 pls. de largo se la aprieta a 2 pls. de la cabeza, ¿qué fuerza será necesaria para vencer una resistencia de 3 onzas?

14. La mano de un hombre dista 16 pulgadas de su codo; y el músculo biceps está inserto en su ante-brazo a 2 pls. del mismo: ¿qué fuerza debe desplegar el músculo para sostener un peso de 56 lbs. con la mano extendida?

15. (*Véase* § 225.) Una rueda tiene una circunferencia de 8 pies, y su eje la de 16 pulgadas; la resistencia, incluso el roce, es de 60 lbs.: ¿qué potencia se necesitará para levantarla?

16. La rueda del timon de un buque tiene 3 pies de diámetro y el eje un diámetro de 4 pulgadas; la resistencia opuesta es de 180 lbs., a la que debe añadirse un décimo mas por efecto del roce, etc.: ¿qué fuerza deberá emplearse para mover el timon?

17. Un eje de un pie de circunferencia se emplea para sacar agua, poniéndole una cigüeña que describa un círculo de 6 pies; ¿qué potencia es precisa para sacar de un pozo 60 lbs. de agua, concediendo un décimo por el roce?

18. Cuatro hombres estan haciendo andar un cabestante, al que hai atada una ancla de 1,000 lbs. de peso; el cuerpo de aquel tiene un radio de 6 pls., mientras el círculo descrito por sus aspas hacen un radio de 5 pies: ¿qué presion se requiere de cada hombre para mover esta ancla?

19. (*Véase* § 232.) ¿Qué potencia será menester para levantar un peso de 50 lbs. con una polea fija, añadiendo un 20 por ciento, o una quinta parte, por el rozamiento?

20. (*Véase* § 238.) ¿Qué potencia se requiere para alzar un peso de 50 lbs. con una polea movible, dando un 20 por ciento por el roce?

21. (*Véase* § 239.) Siendo una polea fija y la otra movible, ¿qué potencia será necesaria para levantar 50 lbs. de peso, concediéndose un 40 por ciento, o dos quintos, por el roce?

22. (*Véase* § 241.) Si son dos las poleas fijas y dos las movibles, ¿qué fuerza será precisa para elevar 50 lbs., dando un 60 por ciento, o tres quintos, por el roce?

23. (*Véase* § 242.) ¿Qué potencia será necesaria para suspender 100 lbs. con una polea de White que tenga cinco rodajas en una pieza, dando un 33 por ciento, o siete veinteavas partes, por el roce?

24. (*Véase* § 243.) Con una combinacion de seis poleas movibles, cada una con su cuerda, como la que se demuestra en la fig. 115, ¿qué peso levantará (incluso el roce) una potencia de 20 lbs.?

25. Con el mismo sistema de cinco poleas movibles, ¿qué potencia se necesitará para balancear un peso de 64 lbs., al que se añada un 50 por ciento, o la mitad mas, por efecto del roce?—*Respuesta*, 3 libras.

[$64 + 32 = 96$ $2^5 = 32$ $96 \div 32 = 3$, la respuesta.]

26. (*Véase* § 247.) ¿Qué potencia se requiere para equilibrar un peso de 40 lbs. (incluso el roce) sobre un plano inclinado cuya longitud sea 8 veces mayor que su altura?

27. (*Véase* § 253.) Se trata de levantar un peso de 1,500 lbs. con una cuña de 60 pulgadas de largo y 12 de alto en su cabeza; ¿qué potencia se necesitará?

28. Un constructor de casas desea suspender un peso de 900 lbs. con dos cuñas semejantes a las que se ven en la fig. 119; cada una de ellas tiene 3 pies de largo y 9 pls. de espesor en su cabeza: ¿qué potencia deberá aplicarse a cada una para el objeto dicho?

29. Se quiere levantar 1,020 lbs. a $1^1/_2$ pies, cuando la mayor fuerza que es posible emplear es de 255 lbs. ¿qué dimensiones han de tenerlas cuñas?

30. (*Véase* § 262.) ¿Qué presion ejercerá (incluso el roce) una potencia de 15 lbs. aplicada a un tornillo con una cabeza de 1 pulgada de circunferencia, y que tiene un paso de $^1/_8$ de pulgada, esto es, cuyos hilos estan un octavo de una pulgada aparte?

31. Un encuadernador tiene una prensa con un tornillo cuyo paso es de una pulgada, y una tuerca que opera con una palanca describiendo un círculo de 8 pies al rededor; ¿qué presion producirá una potencia de 5 lbs. aplicada al estremo de dicha palanca, siendo la pérdida causada por el roce equivalente a 240 lbs.?

32. (*Véase* § 262.) Que sea ahora un tornillo de Hunter operado por una potencia de 1 lb. y una palanca con 75 pls. en círculo; el paso de la mas gruesa media pulgada, y el de la mas delgada un tercio de una pulgada: ¿cuál será la presion que ejerce, deduciendo un $33^1/_3$ por ciento, o una tercera parte, por cuenta del rozamiento?

CAPÍTULO IX.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

RODAJES.—MECANISMO DEL RELOJ.

264. Como queda indicado, toda maquinaria, por complicada que se sea, es una combinacion de las seis potencias mecánicas simples que hemos descrito. El objeto principal con que se las combina, es aumentar en cierto grado su fuerza, y dar al movimiento la direccion que convenga para hacer cooperar la máquina a la obra requerida.

264. Para qué se combinan las máquinas simples? 265. Qué es un juego de

Rodajes.

265. El torno o rueda entra mas que ninguna otra potencia mecánica en la composicion de una maquinaria. Muchas ruedas combinadas forman un *juego*, que otros llaman tambien, un *tren.*

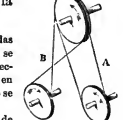
266. En un juego de dos ruedas, la que imparte la mocion se llama la *impelente;* y la que la recibe, la *recipiente.*

267. Maneras de enlazarlas.—Hai tres medios de traspasar la mocion de una rueda a otra: 1°. Por el roce o frotacion de las circunferencias; 2°. por correas o bandas; 3°. por dientes formados en los cantos de ellas.

268. *Roce de las circunferencias.*—Una rueda puede mover a otra rozando su circunferencia o borde. Se coloca las ruedas de modo que sus cantos se toquen, y como estos han sido picados o hechos ásperos de antemano, el mismo roce impide que la rueda en movimiento se deslice por la otra en reposo, y le comunica de este modo su mocion. Rodajes de esta clase sirven mui bien a su objeto y trabajan sin ruido, pero vienen a ser inútiles cuando la resistencia es fuerte; y de ahí es que son poco usados.

269. *Correas.*—Una rueda mueve tambien a otra por medio de bandas que las enlazan entre sí, pasando por la circunferencia de ambas. Se llaman estas *correas* o bandas de coneccion perpetua, porque estando unidas sus puntas no hai cabos, y la mocion se hace continua en una misma direccion. Las correas han de ajustarse bien, para que el roce sea mayor que la resistencia.

Fig. 126.



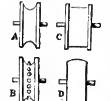
La fig. 126 representa la manera como se ligan las ruedas por medio de correas o de cuerdas. Cuando se quiere que la recipiente se mueva en la misma direccion de la impelente no se cruza la correa, como en A; mas para dar a esta un movimiento inverso, no se hace mas que cruzar la banda, como en B.

270. Estas correas estan hechas ordinariamente de

ruedas? 266. Qué son ruedas impelentes y recipientes? 267. Cómo se las enlaza? 268. Cómo se las mueve por el roce? 269. Cómo por correas? Ejemplo. 270. Cuál

cuero curtido o de caucho. Las ruedas pueden estar a gran distancia, si así es preciso; y tanto por esto, como tambien por la gran fuerza que son capaces de trasmitir, se emplean mui a menudo estas fajas. Ellas tambien regulan el movimiento, y cualquiera desigualdad o irregularidad en la rueda u otra pieza es corregida por la elasticidad de la banda.

Fig. 127.



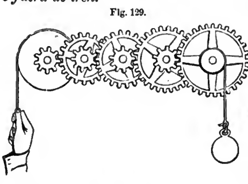
271. En la fig. 127 se manifiesta las varias formas que se da a las llantas de las ruedas, para impedir que las correas o cadenas salgan de su sitio. La circunferencia de A es acanalada o cóncava en el centro, y un ribete en la orilla; la de B tiene lo mismo, con mas una hilera de puntas en el medio; la de C es lisa y con un borde a los lados; y la de D es medio arqueada acia el centro, para impedir que la faja se deslize, causando una contraccion a sus costados.

Fig 128.

272. Una rueda puede impeler a otra por medio de dientes labrados en su circunferencia. Una muestra de rueda endentada se ve en la fig. 128. Una rueda pequeña dentada que se enlaza con otra mayor se llama *piñon*, y los dientes toman el nombre de *aletas*, en parlanza de los mecánicos.

273. Dos o mas ruedas enlazadas por dentaduras forman un *tren;* y cuando estan dispuestas de modo que los dientes de la una se engranen en los de la otra, se dice que estan encajadas, o *en tren;* y cuando nó, que estan desencajadas, o *fuera de tren.*

Fig. 129.



La fig. 129 representa un tren o serie de ruedas y piñones trabados. Cuando se quiere saber que peso será capaz de equilibrar un tren de esta clase con una potencia dada, se multiplica esta sucesivamente por el número de dientes en las ruedas, y se divide por el producto del número de dientes en los piñones. Por ejemplo: suponed que en la fig. 129 la primera rueda grande

es la utilidad de las correas? 271. Cómo se las mantiene en sus sitios? 272. Cómo mueve una rueda a otra por dentaduras? Qué se llama piñones y aletas? 273. Qué

tiene 18 dientes, la segunda 18, la tercera 27, y la cuarta 27: que cada piñon tenga 9 dientes. Entonces una potencia de 2 libras (exclusive del roce) equilibrará un peso de 72 libras. Por que—

$$2 \times 18 \times 18 \times 27 \times 27 = 472392$$
$$9 \times 9 \times 9 \times 9 = 6561$$
$$472392 \text{ dividido por } 6561 = 72$$

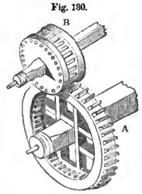
274. Géneros de ruedas dentadas.—Hai tres géneros de ruedas dentadas: las ruedas derechas, las ruedas de corona, y las ruedas cónicas.

275. *Ruedas derechas.*—Las ruedas derechas, o a manera de espuelas, tienen sus dientes perpendiculares al eje, como se advierte en la fig. 129.

Estos dientes estan sacados en la misma rueda o han sido puestos artificialmente en su circunferencia. En este último caso los mecánicos le dan el nombre de *trabas.*

En los molinos de agua se emplea generalmente las ruedas de trabazon llamadas linternas, del modo que se ve en la fig. 130.

Fig. 130.



Aqui A es una gran rueda con trabas, y B es la linterna. Consiste esta en dos discos paralelos y un espacio intermedio atravesado por husillos redondos o pernos colocados, de modo que admitan las trabas de la otra rueda.

Las ruedas de los molinos son generalmente de hierro colado; pero se ha notado que las con dientes de madera andan con mas suavidad, y se las prefiere por esto.

276. *Ruedas de corona.*—Las ruedas de corona, de canto o bien de contrata, tienen los dientes paralelos a sus ejes.

Fig. 131.

La fig. 131 nos muestra la rueda de corona y piñon de un reloj. Los dientes de B andan en la misma direccion de su eje, y es por consiguiente una rueda de corona; mas A tiene sus dientes en ángulos rectos a su eje, y viene a ser una rueda derecha o de espuela.

---

es un tren de ruedas? Cuál es su capacidad mecánica? Un ejemplo. 274. Cuántos géneros hai de ruedas? 275. Qué son ruedas derechas? Cuándo se llaman trabadas? Un ejemplo. 276. Cómo son las ruedas de corona? Ejemplo y aplicacion de

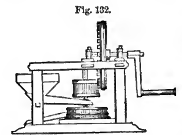


Fig. 132.

La fig. 132 representa como una rueda de corona movida por una cigüeña se combina con una linterna, al estilo de los molinos de mano usados en Alemania y en el Norte de Europa. La rueda coronada se mueve verticalmente, pero imparte una mocion horizontal a la linterna, la que a su vez trasmite el movimiento a la piedra de moler.

277. *Ruedas cónicas.*—Se llaman *ruedas cónicas* o *angulares*, aquellas cuyas dientes forman con su eje un ángulo distinto del recto. En la fig. 133 se ve un par de ruedas de esta clase enlazadas entre sí.

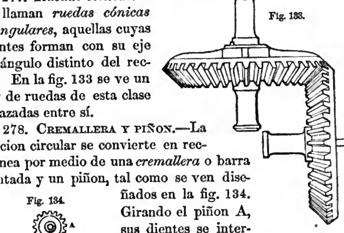


Fig. 133.

278. Cremallera y piñon.—La mocion circular se convierte en rectilínea por medio de una *cremallera* o barra dentada y un piñon, tal como se ven diseñados en la fig. 134. Girando el piñon A, sus dientes se intercalan con los de la cremallera, empujando a ésta en línea recta.

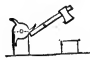


Fig. 134.

279. Martillo de fragua.—A una rueda dentada se le pueda dar un movimiento alternado de sube y baja, como en el caso del martillo o martinete de forjar representado en fig. 135.

Fig. 135.

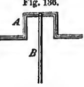
Se coloca la rueda de modo que sus levas vengan a tocar sucesivamente el mango del martillo, que da vuelta sobre un eje. A medida que aquella gira, una leva o diente largo oprime el estremo del asidero y hace levantar la cabeza del martillo, que se escapa pronto y va a caer por su propio peso sobre un yunque. Otro diente viene en seguida y repite la misma operacion.

280. *Eje doblado.*—El eje doblado, llamado ya por algu-

ellas. 277. Qué son ruedas cónicas? 278. Qué son la cremallera y piñon? 279. Cómo mueve una rueda un martillo de fragua? Dad una demostracion práctica de ella.

nos el *cranque*, de la palabra inglesa *crank*, es mui usado en las máquinas para cambiar la mocion circular en rectilínea, o la rectilínea en circular. Tiene varias formas, pero la mas general es como la que se ve en la fig. 136, es decir, la de un eje con un recodo en el medio, que girando con la rueda a que está ligado da vueltas tambien a la curvatura A, y hace que la barra B unida a él, se mueva alternativamente de arriba abajo. Otro nombre es *eje encigüeñado.*

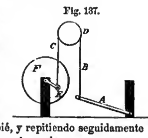
Fig. 136.



El punto en que la biela o barra de conexion forma ángulos rectos con el eje (como está en el grabado), se llama *punto muerto.* Dos de estos ocurren en cada revolucion, y entonces la curvatura cesa por un instante su vuelo; pero el impulso la lleva adelante, y pasado este punto su accion comienza de nuevo.

281. En la fig. 137 tenemos otra forma de eje encorvado. Aqui A es la cárcola, B C una cuerda que pasa al rededor de la polea D y viene a rematar en el eje doblado E, que está fijo al eje de la rueda F. Oprimiendo con el pié la cárcola, se alza el eje citado al punto mas elevado; y no se para allí, porque quitado el pie el impulso dado la lleva hasta el punto mas bajo, levantando a su vez la cárcola. Entonces se la vuelve a pisar con el pié, y repitiendo seguidamente la operacion se imparte un movimiento continuo a la rueda.

Fig. 137.



282. Volantes.—El movimiento de una maquinaria ha de ser parejo y regular. Para esto la potencia y la resistencia deben operar con uniformidad; pues si se aumenta la una subitamente, el violento ensanche puede ocasionar la ruptura de alguna de las piezas. Hé aquí entonces la utilidad de los volantes.

El volante tiene tambien diversas formas, pero mas usualmente consiste de una pesada rodela de fierro con barras unidas en el centro, a la que dándose movimiento con la máquina, adquiere por su propio peso un momento tan grande que, a menos de ser mui repetidas las irregularidades, harán mui poco efecto sobre ella. Por ejemplo, si la potencia

280. Qué es el eje doblado? 281. Qué otra forma hai de eje doblado? 282. Qué son

cesa de obrar de repente, o la resistencia aumenta o mengüa de súbito, el mucho momento del volante sostendrá la mocion de la maquinaria de modo que no varie demasiado.

283. El volante sirve tambien para acumular fuerzas, y capacitar a la máquina para superar una resistencia mayor a la ordinaria. Aplicándosele la potencia por un breve espacio, bastará para darle un inmenso momento, y este ayudará materialmente a la ejecucion de la obra contemplada.

Mecanismo del reloj.

284. Uno de los usos mas comunes e ingeniosos de los rodajes vemos en el mecanismo del reloj. Ya en el tiempo de Arquímedes se conocia la utilidad de enlazar ruedas y piñones, pero su aplicacion era comparativamente mui rara, mientras que el secreto de hacerlas servir para medir el tiempo fué del todo ignorado.

285. En vez de relojes de rueda, los antiguos usaban el cuadrante y la clepsidra. El primero marcaba el tiempo con la sombra del sol indicada por un puntero recto sobre una plancha de metal; y la otra con el agua saliendo por un agujerito hecho en el fondo de una vasija. El cuadrante era inútil de noche, y este ni la mas bien trabajada clepsidra daban una medida exacta del tiempo.

286. El rei Alfredo el Grande de Inglaterra (985 años despues de Cristo) calculaba las horas por el consumo de velas de cera de doce pulgadas de largo y de uniforme espesor, de las que seis constituian un dia. Algunas marcas hechas a intervalos determinados señalaban las horas y sus divisiones, y una pulgada de vela gastada equivalia a cosa de 20 minutos. Para que las corrientes de aire no las afectasen, se valia de una especie de fanales trasparentes de cuerno de vaca, lo que dió orígen a las linternas.

287. Los Sarracenos de España emplearon el reloj movido por una pesa acia el siglo once. El primero que se fabricó en Inglaterra (en 1288 A. D.) fué considerado como una obra tan prodigiosa, que se nombró un gran dignatario con sueldo del erario para cuidarlo. Su utilidad acrecentó grandemente desde el descubrimiento del péndulo, acia la mitad del siglo diezisiete.

Relojes de bolsillo fueron construidos en el siglo dieziseis, aunque no se sabe quien fué el inventor. Al principio fueron mui imperfectos, necesitándose darles cuerda dos

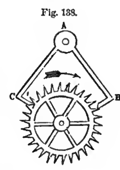
---

volantes y cual es su utilidad? 283. Da poder el volante? 284. Conocieron los antiguos la aplicacion de los rodajes para medir el tiempo. 285. Qué instrumentos usaban en su lugar? 286. Cómo conocia el tiempo el rei Alfredo? 287. Quiénes usaron pri-

veces al dia, y no tenian minutero ni daban los segundos. En 1658, el Dr. Hooke añadió el pelo a la balanza, y esta fué la primera gran mejora acometida. Otras se han emprendido despues; y ahora se fabrica cronómetros tan perfectos y certeros, que no se desvian un minuto en seis meses, aunque se les esponga a los mas grandes cambios de temperatura.

288. Su mecanismo.—En los relojes llamados *parados*, o para sobremesas, muro o torre, la potencia motriz es comunmente la pesa, menos en aquellos hechos con un mecanismo parecido a los de bolsillo. Cuando se les da cuerda, la gravedad impele al peso a bajar, y pone tambien asi en marcha los juegos de ruedas y piñones, que constituyen su maquinaria, moviendo los punteros que señalan en la muestra las horas y los minutos.

Fig. 138.

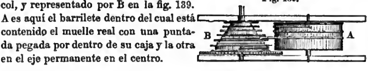


Aunque la pesa es la que causa la mocion de las ruedas, esta es regulada por el péndulo y un aparato llamado de *escape*, que se ve en la fig. 138. Al vibrar el péndulo se mueven las paletas B C, levantándose alternativamente lo suficiente solo para dejar pasar un diente de la *rueda catalina o de escape*. Si se diera cuerda al reloj, no andaria, con todo, mientras no vibre el péndulo; y si se le quitara este y el escape, la pesa descenderia sin impedimento alguno, haciendo girar rapidamente las ruedas. El péndulo entonces es el que da su uniformidad a las ruedas, y acortando o alargandolo se las hace andar ligero o despacio.

289. Reloj de bolsillo.—En esta clase de relojes no hai espacio para una pesa o péndulo, y le substituye el *muelle real*, como potencia motora; y la *balanza* y el *pelo* ocupan el lugar de regulador del reloj.

El muelle real está fijo a un eje giratorio, como se ve en O P de la fig. 140, o está contenido dentro de un *tambor* o *barrilete* ligado por una cadena envuelta en otro eje cónico llamado el *huso* o caracol, y representado por B en la fig. 139. A es aquí el barrilete dentro del cual está contenido el muelle real con una puntada pegada por dentro de su caja y la otra en el eje permanente en el centro.

Fig. 139.



mero el reloj? Cuándo se fabricaron los primeros relojes de bolsillo? 288. Explicad el mecanismo de un reloj de péndulo. 289. Qué sustituye al péndulo en los relojes

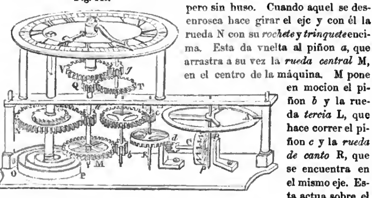
Al reloj se da cuerda con una llave introducida en la punta cuadrada del huso, que haciendosele volver por este medio atrae la cadena del barrilete y la arrolla con fuerza a su rededor. Mas no es este el único efecto producido, porque la revolucion del tambor enrosca necesariamente el muelle real que está dentro, y este por su elasticidad misma tiende a desenvolverse; ocasionando a su vez el movimiento retrógrado del huso cónico y de la cadena. Tambien arrastra en sus vueltas la primera rueda del tren, y comunica con esto su mocion a toda la máquina. Cuando el muelle ha acabado de desenroscarse, la cadena ha pasado del todo al barrilete, y entonces se detiene el huso, y con él toda la maquinaria; y decimos que la cuerda se *ha acabado.*

La forma cónica del huso tiene por objeto dar uniformidad a la marcha del reloj. Como la fuerza del muelle es mas fuerte luego de ser apretado, y disminuye a medida que afloja, resultaria que sus piezas andarian tambien mas o menos aceleradas en proporcion. Esto se evita pasando la cadena por la muesca espiral del huso, de manera que tire de la parte mas próxima al eje al principio y neutralize la rigidez del muelle, descendiendo gradualmente acia la base ancha del barrilete, conforme que su tirantez va relajando.

290. Un aparato de escape liga tambien el motor al volante en los relojes de bolsillo. Al último se añade el pelo, un muelle espiral mui fino, fijo de un lado a una parte firme y del otro al volante; y por su medio se regula la marcha del reloj, ya alargándolo o apretándolo para que el volante vibre con mas o menos fuerza. Se llama por eso el *regulador*, la pieza que alarga ó acorta el muelle espiral.

291. En la fig. 140 se ve la maquinaria de un reloj ordinario, y para que sus piezas puedan distinguirse mejor se ha ensanchado las distancias.

Fig. 140.



O P es el *muelle real* fijo a un eje, pero sin huso. Cuando aquel se desenrosca hace girar el eje y con él la rueda N con su *rochete* y *trinquete* encima. Esta da vuelta al piñon *a*, que arrastra a su vez la *rueda central* M, en el centro de la máquina. M pone en mocion el piñon *b* y la rueda *tercia* L, que hace correr el piñon *c* y la *rueda de canto* R, que se encuentra en el mismo eje. Esta actua sobre el

de bolsillo? 290. Haced un análisis de la maquinaria de este reloj. 291. Demostrad

piñon *d* y lleva tras sí la *rueda de escape* C inserta en su eje y llamada *rueda de encuentro*. Los dientes de esta en forma de sierra son retenidos (como en el escape de nu reloj grande) por las *paletas p, p*, que son especie de clavijas que salen del eje del *volante* A.

292. La fuerza del muelle real está calculada para dar una vuelta en cuatro horas a la rueda N, y generalmente lleva a esta siete n ocho veces al rededor, antes que acaha de desarrollarse del todo; de modo qne cada vez que se da cnerda al reloj podrá andar por sí solo veinte y ocho o treinta y dos horas. Esta gran rueda tiene cuarenta y ocho dientes, y el piñon *a* solo doce; así es que *a* y la rueda central M hacen una revolucion en una hora, y su eje va guiando en la esfera o muestra el minutero.

Entre la muestra y la caja interior hai otro juego de ruedas y piñones conexos al eje de la rueda central, y dispuestos de manera que hacen girar la *dozaria* V una vez en doce horas, y al movimiento de esta se sujeta la marcha del horario sobre la muestra. El horario está fijo a un eje hueco, por cuyo centro pasa el eje de la central que dirije el minutero.

293. Se viene así en cuenta que la máquina del reloj no es mas qne una combinacion ingeniosa de ruedas movidas por un muelle y regularizadas por un volante. El arreglo de estas es tal, que por un aumento constante de velocidad, ocurre nna pérdida correspondiente de fuerza. El *muelle real* hace girar su *tambor* o *cubo*, y por la cadena tira al *caracol*. La *rueda grande* o *imperial* que sirve de suelo al caracol, y faltando este, al tambor, conduce el piñon de la *rueda central*, cuya tija larga sale a la muestra. Esta *rueda de tija larga* conduce el piñon de la *rueda tercia*, la cual conduce el piñon de la *rueda de canto;* esta engrana en el piñon de la *rueda catalina* o *de encuentro*, cuyos pivotes giran en las piezas llamadas *potanza* y *contra-potanza*, y los dientes de su corona hieren contra las *paletas* del eje del *balancin* o *volante*. El volante tiene su *espiral* o *pelo* y su *registro* o *regulador*. Debajo de la *muestra* está la *minuteria*, *cuadratura*, o *ruedas de cuadrante*. La primera es la *rueda del minutero*, Q, cuyo eje es un *cañon* que va ajustado suavemente sobre la tija de la rueda central, y lleva la aguja de los minutos. Esta rueda de minutos gobierna otra *intermedia de minutos*, T, cuyo piñon, *y*, mueve a su vez la *rueda dozaria*, V, que tambien tiene por eje un cilindro hueco que gira lihremente al rededor del cañon del minutero; y al remate de este cilindro va la manecilla horaria. Las varias *ruedas de escape*, segun la clase do reloj, se llaman *de encuentro* o *catalina*, *de cilindro* o *horizontal*, *de patente* o *de áncora*, *duplex*, etc. La gran rueda que está a la cabeza del juego da vnelta nna vez en cuatro horas, y el volante con que acaba, vibra una vez en un quinto de segundo; pero la potencia del muelle real se ha dehilitado de tal manera al llegar al dicho volante, qne la mas pequeña resistencia, un átomo de polvo, o el aceite mismo empleado para suavizar el roce, puede desarreglar y parar toda la máquina.

---

al desarrollo del movimiento en el reloj hasta marcar las horas, minutos y segundos.
293. Qué viene a constituir en resúmen la máquina del reloj?

CAPÍTULO X.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

HIDROSTÁTICA.

294. La Hidrostática y la Hidráulica son dos ramos de la Mecánica, solo que se refieren a los líquidos.

La *hidrostática* tiene por objeto el estudio de las condiciones de equilibrio de los líquidos, y el de las presiones que ejercen en masa, o sobre las paredes de los vasos que los contienen.

La ciencia que trata del movimiento de los líquidos se denomina *hidrodinámica*, y la aplicacion de los principios de esta última al arte de conducir y elevar las aguas, se designa especialmente con el nombre de *hidráulica*.

295. Los principios de la Hidrostática e Hidraúlica son aplicables a todos los líquidos; mas como el agua es el mas comun de ellos, nos referimos a esta principalmente en la esplicacion de sus leyes.

Es bien sabido que el agua cubre dos terceras partes de la superficie de la tierra, y constituye tres cuartos de la sustancia de las plantas y animales.

296. Naturaleza de los líquidos.—La principal diferencia de los líquidos respecto de los sólidos, es la poca cohesion que existe entre sus partes.

La cohesion no deja de ser por eso una propiedad de los liquidos, como se ve por la formacion de gotas entre sus partículas; pero es aquella tan débil que se disuelve con facilidad. Los liquidos espesos y pegajosos como el aceite y miel, tienen un menor grado de cohesion que los ténues, como el agua y el alcohol.

297. Por mucho tiempo se dudó la compresibilidad de los líquidos, pero experimentos posteriores ejecutados en 1761 por Canton, y Perkins en 1819, en Inglaterra; por

---

294. Qué es la hidrostática? 255. A qué liquido se aplica especialmente? Cuál es la proporcion del agua en el globo? 296. Cuál es la principal distincion entre

Oersted en Copenhague, 1823; y otros físicos eminentes, han probado que son realmente compresibles. Sometido el líquido a una presion de 15,000 libras por pulgada cuadrada, pierde una 24va parte de su densidad. Si el océano tuviera en un punto cien millas de profundidad, la presion del agua de arriba reduciria la de abajo a menos de la mitad de su volúmen ordinario.

298. Algunos llaman a los líquidos, flúidos no-elásticos, para distinguirlos de los gases; pero no falta tampoco elasticidad a los primeros. El carácter distintivo de estas dos especies de cuerpos, estriba en que los primeros se hallan dotados de una compresibilidad apenas sensible, mientras que los flúidos aeriformes son eminentemente compresibles y espansibles.

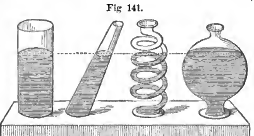
Lei de la Hidrostática.

299. *El agua en reposo busca por sí su nivel.*

Cualquiera que sea el tamaño y forma de un cuerpo de agua, su superficie ha de estar precisamente nivelada; es decir, igualmente distante en todos sus puntos del centro de la tierra. De aquí se sigue que la figura del océano es esférica; y esto lo vemos patente cuando divisamos primero el mástil de un buque antes que distingamos su casco. En las pequeñas masas de líquidos la convexidad no es perceptible, y las consideramos completamente llanas.

300. Otro ejemplo familiar de esto tenemos en la tetera comun. El agua o té está a un nivel con el pico de esta; y si el cuerpo se llena mas arriba del caño, el líquido rebosará acia afuera.

Fig 141.



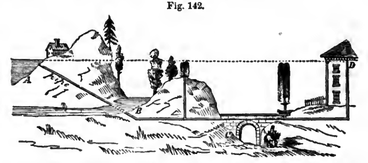
Pongamos tambien un número de vasos que se comuniquen por sus bases, como aparece en la fig. 141. Si se echa agua en uno de ellos, esta se levantará al nivel de todos, no importa cual sea su forma o tamaño. Igualmente, si hubiera comunicacion subterranea entre un rio sujeto a la lei del flujo y reflujo y algunas lagunas en la vecindad de sus riberas, el agua en estas fluirá y refluirá simultaneamente con la de aquel.

---

líquidos y sólidos? 297. Son los líquidos compresibles, y hasta que grado? 298. Qué distincion hai entre líquidos y gases? 299. Cuál es la lei primordial de la Hidrostá-

301. Nos prevalemos de esta lei para suministrar agua a una ciudad, conduciéndola de manantiales o lagos elevados, por medio de cañerias. De esta manera se la puede llevar a cualquiera distancia por debajo o a traves de profundas quebradas, debajo o sobre el lecho de los rios, y donde quiera que venga a salir del caño, saltará a una altura en nivel con el lugar de su depósito primitivo.

Fig. 142.



Así en la fig. 142 el estanque A surte de agua a la casa D por caños que atraviesan el valle, pasando debajo del arroyo B y sobre el puente C. Una vez llegada a la habitacion, reasumirá el líquido su nivel con el depósito de donde vino y marcado aquí con una línea entrecortada. Se forma tambien fuentes, cortando el agua en cualquiera parte de la cañeria, y haciéndola saltar a la altura que se ve en la lámina; pero esto es teoreticamente hablando, porque la resistencia del aire y el choque que el chorro esperimenta de las gotas descendentes, la impiden alcanzar del todo su nivel.

302. Parece que los antiguos romanos conocieron este método de conducir el agua por cañerias; pero la dificultad de poder soldar bien las junturas, los indujo a emprender grandes y costosos acueductos en la forma de canales nivelados, teniendo quo construir puentes sobre quebradas y llenar toda desigualdad a su paso. En estos tiempos se obtiene a menos costo y mas satisfactoriamente el mismo objeto con caños de fierro, colocados debajo de la superficie de la tierra por quebrada que esta sea, levantándose el agua a su nivel natural. Cuanto mas abajo de la tierra se depositen los caños, mas fuertes tendran que ser; pues la tendencia del agua a buscar su nivel, aumentará la presion acia arriba.

303. *Pozos artesianos.*—El agua salta a la superficie bajo el mismo principio en los *pozos artesianos*, llamados así de una provincia de Francia, Artois, donde han existido algunos desde el siglo XII.; aunque ya otros habian sido

tica? 300. Demostradla con el ejemplo de los vasos comunicantes, etc. 301. Cómo la aplicamos a la conduccion de agua por cañerias? 302. Por qué usaron acueductos en

perforados ántes, en una época remota, en la China y Ejipto. Estos pozos no son mas que perforaciones mui estrechas que se hacen con la sonda, siendo mui variable su profundidad.

Para comprender la teoría del pozo artesiano, es preciso tener presente que la corteza de la tierra consiste de varias capas o *strata*; de las que unas son permeables a las aguas, como las arenas y las gravas, y otras impermeables, como las rocas y las arcillas. Supongamos ahora que el agua se infiltra por una de estas capas permeables, y va a caer entre dos que son impermeables, y desciende así a un nivel inferior, yendo a posarse o corriendo entre dos *strata* impenetrables por arriba o abajo. Es claro que una abertura ejecutada en la capa superior de este depósito, haria saltar el agua naturalmente a su nivel.

Tales son los pozos artesianos, que hoi abundan en las regiones antes áridas del Africa y partes del Asia, y en los terrenos salinosos de Virginia, Ohio, y otras partes de los Estados Unidos. A veces la perforacion escede de un tercio de milla bajo de la tierra. El famoso pozo de Grenelle tiene 1806 pies de profundidad, y el agua salta todavia 112 pies mas sobre la superficie, dando mas de 600 galones por minuto. Su temperatura es de 83°.75 F., y la media anual de Paris 53° F.

304. *Manantiales.*—Los manantiales tienen el mismo orígen. La tierra absorbe el agua de las lluvias, que se infiltra gradualmente en ella hasta dar con una capa impermeable. Entonces sigue el curso de esta, acrecentando su líquido volúmen con otras aguas que encuentra a su paso, y así avanza silenciosamente, mientras no encuentra una salida a la superficie.

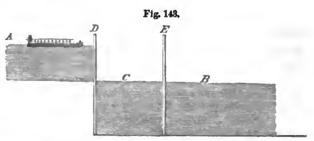
Si el agua no sale a la superficie en las norias comunes, es porque no viene de capas elevadas.

305. *Esclusas.*—Buscando el agua siempre su nivel, podemos construir canales artificiales por terrenos quebrados. Pero si el fondo de su lecho no sigue una misma nivelacion, el agua inundaria presto los parajes bajos. Por esto cuando el terreno es desigual, se construye el canal por secciones, cada una con su nivel propio y en graduacion diversa de la anterior, a la que se une por particiones llamadas *esclusas*.

A B representan un canal (fig. 143), en el que la seccion superior, A, es quince pies mas elevada que la inferior, B. La embarcacion pasa de la una a la otra por medio de la esclusa, C, que comunica a ambas secciones por

vez de cañerias los antiguos? Cómo se saca el agua por pozos artesianos, y que son estos? 304. Cómo se forman los manantiales? 305. Cuál es el objeto y como se

Fig. 143.



puertas picudas, D, E, que se abren acia arriba a una y otra parte. Si el bote quiere bajar, se cierra la puerta E y se abre una compuerta ó postigo en D, hasta que el agua haya rebalsado al nivel de A, cuando se abre la puerta D. Entonces se deja pasar el bote a la esclusa, y la puerta D se junta y otra compuerta en E se abre. El agua que se escapa de la esclusa flota gradualmente la lancha hasta bajar al nivel de B. Para subir, se repite la misma operacion a la inversa. Cuando el bote ha pasado de B a la esclusa, se cierra E y se abre la compuerta de desagüe en D. El agua se precipita buscando su nivel y levanta la embarcacion hasta ponerla en el nivel de A.

306. El instrumento llamado *nivel de agua*, es otra aplicacion de las condiciones de equilibrio de los líquidos. Compónese de un tubo de hoja de lata o de laton, encorvado en un ángulo recto a sus extremidades, en las cuales se adaptan dos tubos de vidrio. Se le coloca sobre un trípode horizontalmente, y se vierte en él agua hasta que suba en los dos tubos de vidrio. Una vez establecido el equilibrio, el nivel del agua es uno mismo en ambos tubos.

307. El *nivel de aire* es mas sencillo y mas exacto que el de agua, y lo usan mui frecuentemente los agrimensores, albañiles, carpinteros y otros. Consiste simplemente de un tubo de vidrio, mui ligeramente encorvado (fig. 144), que se llena con un líquido colorado, no dejando en él mas que una burbujita de aire, que tiende siempre a ocupar la parte mas alta. Cerrado a la lámpara este tubo por sus dos extremidades, se le pone en un estuche o montante de metal o madera.

Fig. 144.



Presion de los líquidos.

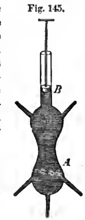
308. PRIMERA LEI.—*Los líquidos trasmiten con igual-*

---

construyen las esclusas? 306. Qué es el nivel de agua? 307. Qué nivel de aire y

dad, en todos sentidos, las presiones ejercidas en un punto cualquiera de su masa.

Fig. 145.



Este principio es conocido con el nombre de *principio de Pascal*, por haber sido formulado primero por este insigne escritor y geómetra. En los sólidos, es sabido, la presion se comunica solo en la línea sobre que se ha ejercido; pero en los líquidos al contrario se distribuye igualmente en todas direcciones, como está actualmente probado por el instrumento representado en la fig. 145. A es aquí una vasija de vidrio con agua, en cuyo cuello cilíndrico se mueve un piston ajustado, B. A los costados lleva otros varios tubitos, y empujando el émbolo, la presion hace saltar el agua por todos los orificios, y no por el opuesto al émbolo solamente; lo que prueba el principio de la igualdad de la presion.

309. Lei segunda.—*Operando solo la pesantez natural, la presion de los líquidos se desarrolla en todas direcciones.*

Haced un agujero en el fondo de un cubo lleno de agua; y esta saltará fuera—esto prueba su presion vertical de arriba abajo.

Perforad un costado del mismo cubo; y el agua saldrá igualmente en chorro—esto prueba su presion lateral.

Barrenad la quilla de un bote; y el agua penetrará de golpe—esto prueba la presion vertical de abajo arriba.

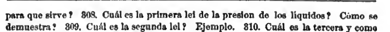
310. Lei tercera.—*La presion de los líquidos en cualquiera direccion es proporcional a su profundidad.*

La presion vertical de arriba abajo aumenta con la profundidad de los líquidos. Para demostrar esto, se toma cuatro tubos de igual diámetro, y se ata a uno de sus extremos un pedacito de caucho mui fino; lléneseles de agua a alturas diversas, como 5, 10, 20 y 30 pulgadas: aquel cuyo líquido contiene mas profundidad, hará ensanchar mas el caucho.

Fig. 146.

La presion lateral de los líquidos se desarrolla con su profundidad; y por eso ha de construirse las murallas hidráulicas con una base mas fuerte y ancha abajo que arriba. En virtud de este principio, es preciso tambien poner a los toneles parados, con vino u otro líquido, aros mas firmes acia su base.

La presion vertical de abajo para arriba crece tambien con la profundidad, como se demuestra en el experimento fig. 146. A B es un tubo abierto y pulido con esmero su canto inferior; C es una placa de plomo atada a un hilo que se pasa por el interior del tubo, y con el cual se la mantiene apegada al bru-


para que sirve? 308. Cuál es la primera lei de la presion de los líquidos? Cómo se demuestra? 309. Cuál es la segunda lei? Ejemplo. 310. Cuál es la tercera y como

fiido vidrio: entonces se pone el todo en una vasija honda con agua. Cuando haya descendido una o dos pulgadas, soltad el hilo y el plomo vendrá con él al fondo. Repetid el experimento con el tubo sumerjido mas abajo y cerca ya del asiento, y el plomo se sostendrá en su lugar, como si fuera sostenido por el hilo.

Fig. 147.

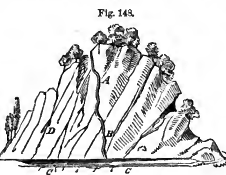
311. En profundidades mni grandes, la prcsion del agua es tal que los buzos ni pescados mismos pneden soportarla. Botellas de vidrio fuertes vacias y tapadas con corcho son a veces sumerjidas en el mar con una cuerda, y generalmente se hacen pedazos por efecto de la presion a nna profundidad de 60 pies; y cuando no se quiebran, el corcho es empujado para dentro o el agua se abre paso por sus poros. La madera mas sólida sumerjida a cierta profnndidad, es penetrada de tal manera por el agua en sus poros, que es imposible hacerla flotar de nuevo; y por esto es que jamas volvemos a ver el material de un buque ido a pique.

312. Esta lei produce resultados sorprendentes; y es casi increible el efecto de unas pocas gotas de líquido que tengan suficiente profundidad.

Podemos, por ejemplo, reventar un barril fnerte con unas pocas onzas de agua, si estando ya lleno de agua, se le introduce un largo tubo (fig. 147) por la cabeza que se comunique al interior; viértase un poco de agua en este tubo, y hará astillas las mas firmes duelas. Este experimento es lo que se llama *el tonel de Pascal.*

313. Efectos parecidos se notan a veces en la naturaleza. Aquí (fig. 148) tenemos una masa de rocas conteniendo una larga grieta A B, que se comnnica con una gran cavidad debajo, C, llena de agua sin salida alguna. Cuando una lluvia fuerza sus aguas en la hendednra, pnede causar nna tremenda presion que destruye las rocas enteramente. Asi es como se verifican a veces grandes revoluciones en la naturaleza.

Fig. 148.

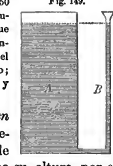


314. *Paradoja hidrostática.*—Siendo la presion independiente de la forma del vaso y de la cantidad del líquido, y proporcionada solo a su profundidad, una pequeña por-

se demuestra? 311. Dad algunos ejemplos del efecto de la presion en las profundidades. 312. Mostrad el experimento del tonel de Pascal. 314. Qué es lo que se llama

cion basta para contrapesar otra cantidad por mas grande que sea. Este principio se llama la *paradoja hidrostática*, y por improbable que a primera vista aparezca, está fundada en hechos y se demuestra de varias maneras.

Fig. 149.



En la fig. 149, A es una vasija de capacidad de 50 galones, y B un tubo a la misma altura, que se comunica con A y contiene un galon; en cualquier lado que se vierta agua, subirá al mismo nivel en ambos. Cuando los dos estan llenos, la presion de un galon en el tubo debe ser tan grande como la de 50 en el otro; pues de otro modo esta se cargaria de la otra parte y haria rebosar el tubo.

315. *Regla para hallar la presion en el fondo de los vasos.*—Para saber la presion que un líquido ejerce en el fondo de los vasos que lo contienen, se multiplica su altura por el área del fondo del vaso.

Fig. 150.

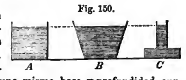


Fig. 151.

Esta regla se funda en el principio, de que diferentes cantidades de líquidos producen igual presion. Aquí hai (fig. 150) tres vasos, A, B y C, que tienen una misma base y profundidad, aunque contienen cantidades diversas de líquidos: la presion respectiva de todos ha de ser una misma.

316. Fuelles hidrostáticos.—Se puede ejecutar experimentos mui curiosos por medio del aparato representado en la fig. 151.

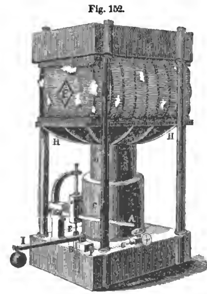
Un tubo metálico de cuatro pies de largo, está atornillado a un receptáculo de agua compuesto de tablas circulares unidas y cerradas perfectamente por medio de anchas fajas de suela. Vertiendo agua en el caño dicho, la tapa superior se alzará con tanta fuerza que puede levantar un gran peso colocado encima. Una vez que caja y tubo estan llenos, la primera es capaz de sostener tres a cuatrocientas libras; y todo esto debido a la altura del agua, irrespectivamente del grueso del caño.

317. Prensa hidráulica.—La *prensa hidráulica* es una aplicacion del prin-

una paradoja hidrostática? 315. Cuál es la regla para hallar la presion en el fondo de los vasos? 316. Cuál es el experimento de los fuelles hidrostáticos? 317. Dad una

cipio de la *igualdad de la presion*, o de Pascal; y fué construido primeramente por Bramah, de Londres, en 1796.

Fig. 152.



E B representa (fig. 152) una bomba impelente operada por la palanca A. Esta bomba, descrita mas adelante, se comunica con una cisterna debajo, como está marcado con puntitos en el diseño. F G es un tubo que une E B con el gran cilindro C, dentro del cual está contenido otro cilindro sólido de hierro forjado, D, que se mueve libremente de arriba abajo. D tiene ajustada una plancha, H H, sobre la cual se pone el algodon u otra materia que se va a aprensar.—Para ponerla en operacion, se levanta el brazo largo de la palanca A. Esto hace subir el agua de la cisterna al tubo E B; y cuando A baja y el piston desciende, impide que el agua caiga otra vez a la cisterna, cerrando una válvula; lo que la fuerza a pasar por el tubo F G a la parte baja del cilindro C. Entonces D y la plancha suben, oprimiendo entre ella y el techo el objeto o materia, con una presion mas o menos fuerte segun la cantidad de agua introducida en C.

Una prensa hidrostática puede ejercer cualquier grado de presion, que sea compatible con la fuerza de los materiales empleados. Esta máquina es mui usada no solo para aprensar, sino para destroncar terrenos, probar cables y sacar buques del agua.

Gravedad específica.

318. Si pesamos una pulgada cúbica de agua y despues una cantidad de plata o corcho del mismo volúmen, hallarémos que la plata es mas pesada que el agua, y el corcho mas liviano que esta. Si comparamos el peso de varias otras substancias, tomando un pie cúbico de cada una, encontrarémos que todas difieren entre sí mas o menos. Esta

---

explicacion de la prensa hidrostática y sus usos. 318. Qué es lo que se llama gravedad

operacion de determinar el peso de varias substancias, se expresa por el término de *gravedad específica*, o tambien *pesos específicos.*

319. El peso específico de un cuerpo, sólido o líquido, es un número que expresa cuánto, en igualdad de volúmen, pesa una sustancia con relacion a otra adoptada como tipo de comparacion; y que en este caso está convenido sea el agua destilada a una temperatura de 60 grados.

Un tipo de esta clase ha de ser invariable, y por esta se fija una cierta temperatura en el agua: un grado mas de calor la enrareceria, mientras otro mas bajo la condensaria. Se ha tomado el agua destilada, porque es pura; pues la mezcla con materias vegetales o minerales en la que viene de manantiales o rios, adultera su carácter típico.

Una pulgada cúbica de plata pesa $10^1/_2$ veces mas que una pulgada cúbica de agua; y siendo por consiguiente el peso específico de ésta 1, el de la plata es $10^1/_2$. Una pulgada cúbica de corcho pesa $^{24}/_{100}$ comparada a igual volúmen de agua, y entonces la gravedad específica del corcho viene a ser $^{24}/_{100}$ (0 .24).

320. Cuando se mezclan flúidos insolubles entre sí, estos se colocan en los vasos por el órden de su gravedad específica. Pongamos juntos mercurio, agua y aceite; el primero, como el mas pesado, quedará en el fondo, el agua vendrá en seguida, y en la cima el aceite, que es el mas liviano de los tres.

Por esto sale la nata a la superficie de la leche, y las partículas aceitosas sobrenadan en una tasa de caldo. Se cuenta que los negros de las Antillas aprovechan de esta lei natural para robar el ron o aguardiente de caña. Para esto introducen el cuello de una botella con agua en la *tapa* de un barril o tonel lleno de aquel licor, y siendo el agua mas ligera que el ron, se vacia en la vasija y el espíritu ocupa su lugar en la botella.

321. Los gases varian en peso específico como los liquidos. El humo asciende porque es mas leve que el aire. El hidrógeno es tan liviano respecto al aire, que no solo sube por sí mismo, sino que levanta un globo areostático con su carga. El gas ácido-carbónico es, por otra parte, algo mas pesado que el aire; y por eso se le encuentra en el fondo de pozos y minas, donde sus cualidades nocivas son a veces fatales a los que bajan a él.

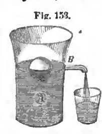
322. Cuando un sólido flota sobre un líquido, como el corcho en el agua, es porque su gravedad específica es inferior a la del líquido; y si se sumerge, como el plomo, es

específica o pesos específicos? 319. Cuál el tipo de comparacion adoptado en ellos, y por qué razon? 320. Qué determina la colocacion de los flúidos en las mezclas? 321. Qué gases son mas livianos? 322. Por qué flotan los sólidos en los liquidos, y de que de-

porque su peso específico es mayor. Si líquidos y sólidos tienen la misma gravedad específica, el sólido permanecerá estacionario a la misma profundidad en que se coloque, sin subir ni bajar.

De que un sólido flote, no se sigue precisamente que su compacta masa pese menos que un igual volúmen de liquido. Un sólido puede nadar o sumergirse en el mismo líquido, segun la forma que se le dé. Una pulgada cúbica de hierro pesa 7¼ veces tanto como igual volúmen de agua, y se sumergirá por consiguiente en esta; pero si se forja este fierro en un vaso que contenga mas de 7¼ pulgadas cúbicas, flotará en el líquido, porque entonces vendrá a ser mas leve que un volúmen igual de agua. Bajo este principio se construye los buques de fierro.

Fig. 153.



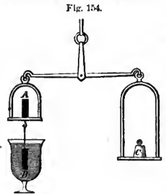
323. Un cuerpo flotante desaloja con su presion un volúmen de agua equivalente a su propio peso.

Para demostrar esto, llenad de agua el vaso A hasta que bordée la abertura B, y echad en él una bola de madera; así que esta se sumerge parcialmente, hincha el agua y la hace rebosar por el caño B. Recojed el líquido espelido, y pesándolo hallareis que tiene exactamente el peso de la bola.

324. Un cuerpo sumergido en el agua y que no flota a la superficie, pierde tanto peso como el volúmen de agua que desaloja.

Un niño puede sacar fuera del agua una piedra depositada en el fondo de una laguna, la cual no habria podido mover en seco. Cuando elevamos un cubo de una noria, notamos que se hace mas pesado al salir del agua. La esplicacion en ambos casos es que, el peso del objeto en el agua disminuye por su presion vertical de abajo arriba.

Fig. 154.



Que el peso perdido de esta manera iguala el del agua desalojada, se demuestra con el aparato de fig. 154, llamado la *balanza hidrostática*. De un brazo de la balanza pende un cilindro sólido B y otro hueco A, de capacidad suficiente solo para contener el primero. Equilíbrese el todo con pesas en el otro platillo C. Ahora si sumergimos B en un vaso de agua, tal como cuelga, observarémos que C pesa mas

pende? 323. Qué cantidad de agua desaloja un cuerpo flotante? 324. Qué peso pierde

que A B; pero llenando de agua A, se restablecerá el eqnilibrio; y como A contiene a B, es evidente que admite tanta agua como la qne B desaloja.

325. Peso específico de los líquidos.—La gravedad específica de un cuerpo viene a ser simplemente su peso comparado con el de igual volúmen de agua. De aqui es que la gravedad específica de un líquido puede determinarse facilmente de esta manera: Llénese de agua un vaso de cristal de peso conocido hasta orillear una cierta señal, y pesésele en seguida; dedúzcase el peso del vaso, y tendrémos el peso neto del agua. Póngase ahora en el mismo vaso y hasta la misma altura el líquido que se trata de pesar, y tómese de nuevo su balance: como ántes sustráigase el peso del vaso. El peso específico de este líquido se hallará entonces dividiendo su peso por el del agua.

326. Un frasco de capacidad de 1,000 granos de agua, llamado la *botella de mil granos*, es el que se usa frecuentemente con este objeto. Se le ajusta un tapon de vidrio bien esmerilado, y con una estrecha abertura a lo largo en su cuello. Estando el frasco lleno, al ponersele el tapon, el exceso de liquido saldrá por la abertura, y así se obtendrá siempre un mismo volúmen de liquido adentro. Esta botella de mil granos de agua contendrá 13,568 granos de mercurio y 702 granos de alcohol; y dividiendo conforme a la regla, hallamos que la gravedad específica del mercurio es 13,568 y la del alcohol .792.

327. *El areómetro.*—El peso específico de los líquidos se determina asimismo por el *areómetro.* Los hai de varias especies, pero el mas comun, que se representa en la fig. 155, consiste en una bola hueca, C, de la que sale una escala graduada, A; mientras que en el extremo de abajo se le pone otra bola sólida y pesada, B, para sostener el vástago en una posicion vertical.

Fig. 155.

Para encontrar la gravedad especifica de un liqnido, se introduce en él el areómetro: cuanto mas raro sea aquel, tanto mas descenderá este; lo que se indica por la escala que marca el punto de contacto con su superficie, lo que algunos llaman su *punto de enrase.* Al instrumento acompaña una tabla, que expresa el peso especifico de un líquido, una vez averiguada la altura a que ha llegado en la escala.

El areómetro es un instrumento mui usado por los mercaderes de espíritus,

el mismo? Cómo se demuestra? 325. Cómo se determina el peso especifico de los liquidos? 326 Cuál es el método del frasco? 327. Cómo se determina el peso por el

aceites y materias químicas, como un medio de probar la fuerza de estas sustancias; y se le denomina segun el caso, *pesa-licores*, *pesa-ácidos*, *pesa-sales*, etc. Sabiéndose la altura a que se levanta el artículo puro en la escala, un resultado diverso indicará que ha habido alteracion.

328. Son varios los areómetros usados, y que se distinguen por el nombre de sus inventores; aunque todos ellos se parecen mas o menos al que hemos descrito arriba. Los mas conocidos son el de Nicholson para determinar el peso específico de los sólidos; el de Fahrenheit para los líquidos; el de Baumé para las sales y ácidos; y el de Gay-Lussac para los alcoholes, llamado tambien *alcohómetro*. Hai a mas un pequeño instrumento para graduar la calidad de la leche, y que por eso se le conoce con el nombre de *lactómetro*.

Conviene notar tambien, que los areómetros de Nicholson y Fahrenheit son de los que se conocen como de *volúmen constante y de peso variable*, porque siempre se sumergen a igual cantidad en el líquido, requiriéndose para esto diversas pesas, segun los sólidos y los líquidos; mientras los otros, y entre estos el que hemos descrito, son de *volúmen variable y de peso constante*, es decir, que no tienen punto fijo hasta donde sumergirse, conservando siempre el mismo peso.

329. Gravedad específica de los sólidos.—El modo mas sencillo de obtener el peso específico de un sólido, seria tomando una porcion de él (sea una pulgada o pie cúbico), averiguar su peso, y dividirlo por el peso de un volúmen igual de agua. Es con todo tan difícil conseguir exactamente un mismo volúmen dado, que se hace preciso recurrir a otros métodos.

330. Si el sólido se sumerge en el agua, pesésele primero en el aire, y despues en el agua por medio de una balanza especial. Divídase entonces su peso en el aire por el peso que pierde en el agua, y el cuociente dará su peso específico.

Esto es lo mismo que dividir el peso de un sólido por el de igual volúmen de agua, porque ya hemos visto que un sólido pesado en un líquido, pierde de su peso tanto como pesa el líquido que desaloja. Un pedazo de platino pesa 22 granos en el aire, y 21 en el agua. Dividiendo 22, su peso en el aire, por 1, la pérdida de peso en el agua, tenemos 22 por peso específico del platino.

330. Para averiguar la gravedad específica de un sólido que flote en el agua, átesele a un cuerpo bastante pesado para sumergirlo. Se pesa entonces a ambos juntos, en el

---

areómetro? 328. De cuántas clases son estos y qué nombres tienen? 329. Cuál es el modo mas sencillo de hallar el peso específico de los sólidos? Cuál es el método del agua? 330. Cuál es la regla para hallar el peso específico de los cuerpos flotantes?

aire y en el agua; y por la sustraccion se halla su pérdida de peso en el agua. Del mismo modo puede encontrarse cuanto peso ha perdido en el agua. Restad esto de la pérdida sufrida por ambos, y teneis el peso de un volúmen de agua igual al cuerpo en cuestion. Divídase ahora el peso del cuerpo en el aire por esta resta, y se tiene su peso específico.

Ejemplo. Búscase el peso específico de la madera de olmo tomándo un pedazo que pesa 2 onzas. Añádasele 4 onzas de plomo.

Ambos sólidos combinados pesan en el aire $2 + 4 =$	6	onzas.
En el agua hallamos que pesan....................	3.15	"
Pérdida de los sólidos combinados en el agua,	2.85	"
El plomo solo pesa en el aire	4	"
El plomo solo pesa en el agua.....................	3.65	"
Pérdida del plomo en el agua.................	.35	

Peso del volúmen de agua igual a la madera $2.85 - .35 = 2.50$
Gravedad específica del olmo, $2 \div 2.50 = .8$

331. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS GASES.—El peso específico de los gases se obtiene por una operacion análoga a la empleada en los líquidos, solo que se toma por unidad el aire en vez del agua. Se pesa un frasco de vidrio con su tapon del mismo, cuando esté lleno de aire, y otra vez despues que se ha hecho en él el vacío por medio de la bomba neumática; la diferencia entre estos pesos, es el peso de un frasco de aire. Se llena entonces el frasco con el gas en cuestion, y se le vuelve a pesar de nuevo; este peso, menos el del frasco vacío, da el peso del frasco lleno de gas. Divídese el peso del gas por el del aire, y el cuociente es el peso específico buscado.

332. TABLAS DE PESOS ESPECÍFICOS.—Muchas son las aplicaciones que pueden hacerse de las tablas de pesos específicos. En mineralogia, dan un carácter distintivo para reconocer las especies minerales por su densidad; y sirven ademas para averiguar el peso de un cuerpo cuyo volúmen es conocido, o recíprocamente para calcular el volúmen,

Un ejemplo de ella. 331. Cómo se obtiene el peso específico de los gases? Cuál es la unidad adoptada para ellos? 332. Cuál es la utilidad de las tablas de pesos especí-

dado el peso. Hé aqui un cuadro de las mas importantes sustancias:

Pesos específicos de sólidos.—*Unidad, Agua destilada,* 1.

Iridio	23.000	Hierro en barra	7.788	Marfil	1.917
Platino laminado	22.069	" fundido	7.207	Antracita (carbon)	1.800
" forjado	20.337	Estaño fundido	7.291	Carbon bituminoso	1.250
Oro forjado	19.362	Zinc fundido	6.861	Hielo fundente	0.930
" fundido	19.258	Antimonio fundido	6.712	Lignum vitæ	1.333
Plomo fundido	11.352	Diamantes	3.536	Haya	0.852
Plata fundida	10.474	Cristal de roca	2.653	Roble	0.970
Bismuto fundido	9.822	Mármol estatuario	2.837	Tejo	0 807
Cobre fundido	8.788	Porcelana de China	2.385	Manzano	0.733
Laton	8.383	" de Sèvres	2.146	Alamo comun	0.389
Acero sin templar	7.816	Azufre	2.033	Corcho	0.240

Peso específico de líquidos.—*Unidad, Agua destilada,* 1.

Mercurio	13.598	Agua de mar	1.026	Aguarras	0.870
Acido sulfúrico	1.841	Vino Burdeos	0.994	Aceite de nafta	0.847
" clorhídrico	1.24	Agua destilada	1.000	Alcobol absoluto	0.792
" nítrico	1.217	" " a 0°	0.999	Eter sulfúrico	0.715
Leche	1.03	Aceite de olivas	0.915	Sangre humana	1.045

Peso específico de los gases.—*Unidad, el Aire,* 1.

Hidriconítrico	4.300	Oxígeno	1.111	Nitrógeno	0.972
Carbonítrico	1.524	Aire	1.000	Hidrógeno	0.069

333. Examinando las tablas anteriores, se notará que los sólidos tienen generalmente un peso específico mayor que los líquidos, y estos que los gases. De los sólidos, los metales son los mas pesados.

La sustancia mas pesada que se conoce es el iridio, que pesa, volúmen por volúmen, 23 veces mas qne el agua. La mas ligera de las sustancias es el gas hidrógeno. Seria preciso tomar como 14,500 pies cúbicos de hidrógeno para contrapesar un pie cúbico de agua.

El agua de mar pesa mas que el agua dulce, porque está impregnada de sales. Esta misma causa la hace mas resistente, y se nada mas facilmente en ella. Un buque que pasa del agua dulce a la salada del mar, calará menos agua en esta última.

334. El agua es 828 veces mas pesada que el aire; esto es, tomaria 828 pulgadas cúbicas de aire para pesar una de agua. Así es como se da ligereza a los botes y otros aparatos salva-vidas, encerrando el aire en compartimentos preparados para el efecto; de modo que aunque se llenen aquellos de agua, boyan todavia en la superficie del líquido. Siendo el aire confinado en estas recámaras 828 veces mas liviano qne el mismo volúmen de agua, ayuda

ficos? Citad el peso específico de algunos sólidos, gases y líquidos. 333. Qué observaciones hai que hacer a ellas? 334. Qué aplicacion se hace de la liviandad del aire?

a mantener a flote los cuerpos a que está adherido. Muchas especies de peces llevan en el abdómen, debajo del espinazo, una vejiga llena de aire que se denomina *vejiga natatoria.* El pez la comprime o dilata por un esfuerzo muscular para variar su volúmen, y subir y bajar a voluntad en el seno de las aguas.

335. El peso específico del cuerpo humano está estimado en .891, o menos de un décimo del agua; y puede por consiguiente flotar por sí solo en agua dulce, y mejor aun en agua salada del mar que es mas densa. La dificultad de la natacion consiste, pues, menos en mantenerse en la superficie del agua, que en conservar fuera del líquido la cabeza, a fin de que sea libre la respiracion, y no ocupe el agua el lugar del aire en los pulmones. El hombre debe con todo cultivar la natacion, porque la cabeza tiende siempre a sumergirse por tener mas peso relativamente a los miembros inferiores. En los cuadrúpedos, al contrario, la cabeza puede permanecer sin esfuerzo alguno fuera del agua, por pesar menos que la parte posterior del cuerpo. Esta es la razon de que pueden nadar naturalmente estos animales.

336. Una vez que sepamos la gravedad específica de un cuerpo, podemos encontrar fácilmente cuanto pesa un volúmen dado del mismo. Asi sabemos que un pie cúbico de agua pesa 1,000 onzas, o 62½ libras avoirdupois; el peso de un pie cúbico de cualquiera sustancia, será entonces igual a 62½ libras multiplicadas por su peso específico.

Ejemplo. Se necesita conocer el peso de un pie cúbico de oro. En la tabla respectiva vemos que el peso específico del oro es 19.385. Multiplicando esta cantidad por 62½, tenemos el peso requerido—1209.875 libras.

337. Dos sólidos de igual volúmen desalojarán cantidades iguales del líquido en que se les sumerja; pero no sucederá lo mismo con dos sólidos de igual peso, a menos que su gravedad específica sea la misma. Se ha aplicado este principio para la prueba de metales preciosos.

Si deseamos probar cuando es puro un pedazo de plata, lo ponemos en un vaso lleno de agua, y recojemos con cuidado el líquido que se desparrama: hacemos lo mismo con un peso igual de la que sabemos ser pura plata. Si en las dos veces refluye del vaso igual cantidad de agua, el artículo en prueba es genuino, porque tiene el mismo peso específico.

338. El hecho anterior fué descubierto y aplicado primero por Arquímides. Se dice que Heron, rei de Siracusa, compró una vez una corona de oro, y sospechando la pureza del metal, la puso en manos de aquel filósofo para que la probase sin causar daño alguno a sus ricos adornos. En vano trató aquel

335. En qué está la dificultad de la natacion en el hombre? 336. Cómo se halla el peso de un volúmen cualquiera por su gravedad específica? Un ejemplo. 337. Cómo se prueban metales preciosos? 338. Quién hizo este descubrimiento y en qué cir-

de resolver el problema; hasta que un dia bañándase, observó que cuanto mas sumergia su cuerpo en el agua, esta se levantaba mas y mas en el baño. Ocurriósele entonces que un cuerpo de igual peso y de la misma densidad, causaria una elevacion igual del liquido; y hé aqui como la llave del misterio estaba descubierta. Desnudo como se hallaba, saltó del baño y corriendo acia su casa, exclamaba: *¡Heureka! lo he hallado!* Inmediatamente se procuró una cantidad de oro puro igual en peso a la corona, y un igual peso de pura plata; y sumergiendo sucesivamente el oro, la plata y la corona en un vaso lleno de agua hasta los bordes, cojió y pesó el liquido desalojado por cada uno de ellos. Notando que la corona desalojaba mas agua que el oro o la plata pura, dedujo que aquella no era de oro ni de plata pura, sino una mezcla de ambos. Arquímides investigó mas tarde el asunto, y desarrolló los principios mas importantes relativos a la gravedad especifica.

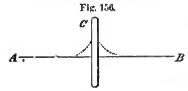
Atraccion capilar.

339. Prodúcese en el contacto de los sólidos y de los líquidos, una série de fenómenos, que se llaman *capilares*, porque se observan en tubos de diámetros tan pequeños, que se les puede bien comparar a un cabello, de cuya palabra latina, *capillus*, derivan su nombre. Así, por ejemplo, si se pone en un vaso con agua un tubo mui fino, con la parte superior abierta, se nota que el líquido sube mas arriba de su nivel, en virtud de una fuerza designada con el título de *atraccion capilar*, y a la parte de la Física que trata de ella, se denomina la *capilaridad*.

Para que el fenómeno de la atraccion capilar pueda producirse, es preciso que los tubos no escedan el diámetro de un quintécimo de una pulgada.

340. Causa de la capilaridad.—Este ascenso de los líquidos en los tubos capilares es atribuido a la atraccion de la superficie interior del sólido; y en prueba de esto, hallamos que la superficie del líquido en el tubo toma una forma cóncava en vez de horizontal, levantándose acia donde se pone en contacto con los lados del tubo.

Fig. 156.



Lo mismo sucede cuando una lámina de vidrio, C, es puesta perpendicularmente en contacto con el agua, AB: la superficie de esta se alza

cunstancias? 339. Qué son fenómenos capilares? Qué se requiere para producirlos?

acia las paredes de ambos lados, como lo marcan los puntitos en la fig. 156.

Este hecho parece probar que la atraccion del vidrio es bastante fuerte para vencer la gravedad del agua; y tambien que es mayor que la cohesion existente entre las partículas de agua; pues si se retira el vidrio, parte del liquido queda adherido a su superficie, es decir, sale *mojado*.

341. Esta atraccion, sin embargo, no es general a todos los sólidos y líquidos; pues al contrario, hai a veces una decidida repulsion entre ellos.

Repítase el mismo experimento de antes, pero engrasándose la superficie de la lámina de vidrio, y en vez de levantarse el agua a los lados, se apartará de ellos, como se distingue por los puntitos en la fig. 157. El mismo fenómeno se nota cuando se sumerge una lámina de vidrio en un vaso lleno de mercurio. Una vez que existe esta repulsion, el líquido no moja el sólido; y cuando se saca la lámina de vidrio del mercurio, ni una partícula queda adherida a él.

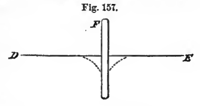


Fig. 157.

Esta repulsion puede ser a veces tan grande que permita a un sólido flotar en un líquido mas ligero que el mismo. Si se deposita horizontalmente y con suavidad una aguja fina, que ha sido ántes engrasada, sobre la superficie de una agua reposada, permanecerá encima flotando. Por esto es tambien que algunos insectos pueden andar por el agua; pues la repulsion existente entre sus patas y el líquido, les impide irse abajo o mojarse siquiera.

342. *Ejemplos comunes.*—Por todos lados hallamos casos familiares de la atraccion capilar. Si dejamos en el agua la punta de un paño de manos, el resto se humedecerá y mojará bien pronto del mismo modo; porque sus menudas fibras atraen acia arriba el líquido. Lo mismo sucede con una esponja, un pedazo de pan o azúcar, que han sido dejados en contacto con un líquido, y en los que los poros hacen las veces de tubos. Así tambien el papel secante absorbe la tinta; como lo hacen en general todas las sustancias que contienen poros sensibles.

La lámpara ordinaria presenta otro ejemplo de atraccion capilar: el aceite o flúido alimentador se estiende por las fibras de la mecha con suficiente rapidez para mantener una llama constante. Pero hai un límite a la atraccion

---

340. Cuál es la causa de la capilaridad? Pruebas de ello. 341. Es la atraccion capilar comun a todos los líquidos? Casos de repulsion. Cómo esta hace flotar algunos cuerpos? 342. Citad algunos ejemplos comunes de capilaridad. Cómo se la aplica

capilar, y si el aceite está mui bajo, la luz se va apagando y desaparece al fin. Para que el flúido se comunique libremente, es preciso tener limpios los tubitos de la mecha, y renovarla de cuando en cuando, si se han acumulado impurezas que obstan al ascenso del liquido.

La atraccion capilar hace que los poros de la madera se penetren de agua, ensanchándolos, y aumentando así la masa general. Los canteros y fabricantes de piedras de molinos, en el sur de Francia, se prevalen de esta circuustancia para facilitar sus tareas. A unos grandes trozos de piedra franca, labrados en forma de cilindros, taladran a intervalos una série de hendiduras, en las cuales introducen cuñas de madera, que manteniendo empapadas con agua por algun tiempo, se hinchan gradualmente con la absorcion del liquido hasta hender toda la masa, que se convierte de este modo en diversas piedras toscas de molino, que con un poco mas de labor estan prontas para usarse o enviar al mercado.

La misma atraccion capilar causa la fertilidad de las riberas de los arroyos, absorbiendo la tierra por sus poros el agua fecundizadora. Así tambien se da vida a una planta, empapando la tierra de la jarra que la contiene. Por fin, la capilaridad permite a la humedad penetrar a veces el interior de las casas, sirviendo los mismos ladrillos o piedras de que estan construidas como tubos capilares.

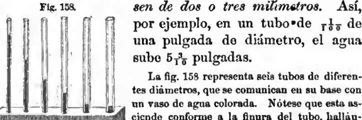
343. Leyes de la capilaridad.—Gay-Lussac demostró experimentalmente que el ascenso y la depresion de los líquidos en los tubos capilares, se hallan sometidos a las tres leyes siguientes:

1°. *Hai elevacion cuando el líquido moja los tubos, y depresion en caso contrario.*

Si el liquido moja los tubos, la superficie de aquel toma la forma de un segmento hemisférico cóncavo, llamado *menisco cóncavo;* si no los moja, ocurre una depresion que forma un *menisco convexo.*

2°. *Esta elevacion y depresion estan en razon inversa de los diámetros de los tubos, mientras estos diámetros no pasen de dos o tres milímetros.* Así, por ejemplo, en un tubo de $\frac{1}{100}$ de una pulgada de diámetro, el agua sube $5\frac{3}{10}$ pulgadas.

Fig. 158.



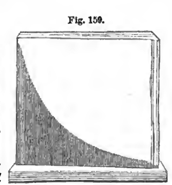
La fig. 158 representa seis tubos de diferentes diámetros, que se comunican en su base con un vaso de agua colorada. Nótese que esta asciende conforme a la finura del tubo, hallándose mas alta en el mas pequeño.

---

en la cantería? 343. Cuál es la primera lei de la capilaridad? Cuál es la segunda?

344. Lo mismo sucede con las dos láminas paralelas (fig. 159), unidas de un estremo y divergentes acia el otro, de modo que formen un ángulo de cosa de dos grados. Suméjaselas una pulgada en el mismo líquido colorado, y este subirá entre ellas, alcanzando a una mayor altura donde las láminas de vidrio estan mas juntas, con lo que forma una curva llamada la *hipérbola*.

Fig. 159.



3°. *El ascenso y depresion varian con la naturaleza del líquido y con la temperatura; pero son independientes de la sustancia de los tubos y del espesor de sus paredes, si han sido estas previamente mojadas.*

De este modo vemos que el éter, por ejemplo, sube como a la mitad y el ácido sulfúrico como a un tercio de la altura del agua. Tomando esta por unidad, el célebre físico antes citado ha formado una tabla de las elevaciones de diversos líquidos en los tubos; pero tanto esta, como la de las depresiones del mercurio en los mismos, aunque mui interesantes y útiles en el manejo de muchos aparatos, especialmente del barómetro, estarian talvez demás en un tratado elementar.

344. Hechos curiosos.—Si un tubo capilar de un diámetro suficiente para levantar a cuatro pulgadas el agua, es quebrado o cortado a las tres pulgadas, no ocurrirá derrame del líquido, como era de esperarse. El agua subirá tres pulgadas hasta la cima del tubo, y se detendrá allí fijamente, supliendo cualquiera pérdida por efecto de la evaporacion. Por eso es necesario tapar los tubos en las lámparas de espíritu.

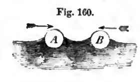
Es mui singular que no ocurre evaporacion a menos que el líquido llegue al borde del tubo capilar. Tubos conteniendo tanta agua como la que pueden recibir por la atraccion capilar, han sido colgados por meses enteros al sol sin perder por esto parte alguna por evaporacion.

345. A la capilaridad se deben las atracciones y repul-

Ejemplo experimental. 344. Cómo se efectua la capilaridad en las láminas paralelas? Cuál es la tercera lei? 344. Qué fenómenos curiosos se observan en la capilaridad?

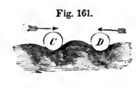
siones que se observan entre los cuerpos que flotan en la superficie de los líquidos. Esto se manifiesta con las dos esferas en las figs. 160, 161 y 162.

Fig. 160.



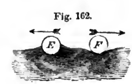
A y B son esferas de corcho que se mojan en el agua; y cuando se encuentran bastante cerca, la atraccion de sus superficies bacen levantar el liquido en curvaturas, basta qne no promedie columna de agua, y las dos se ponen en contacto.

Fig. 161.



C y D son aquí esferas parecidas, pero que han sido ensebadas de modo que no se mojan. En este caso la superficie del agua al rededor es rechazada, formando curvaturas en cuyos intermedios descansa la esfera; y desde que no bai suficiente liquido promediante para contrabalancear la presion de afuera, las dos esferas se vuelven a acercar.

Fig. 162.



E F son otras dos esferas, de las qne E puede mojarse y F nó; el agua atraida por E se encorva debajo, mientras que en F bai una depresion. Si ambas se ponen juntas, F que es rechazada por la pared de agua formada rededor de E, se apartará de esta.

346. Endósmosis y exósmosis.—Se han dado los nombres de *endósmosis* y de *exósmosis* a corrientes de direccion contraria que se establecen entre los líquidos de diferente naturaleza, cuando se hallan separados por un tabique delgado y mui poroso, orgánico o inorgánico. Estas espresiones, que significan *corriente entrante* y *corriente saliente*, han sido adoptadas del griego por los físicos, desde que M. Dutrochet dió a conocer en 1826 estos fenómenos.

Estas corrientes se comprueban con el siguiente sencillo procedimiento, sin necesidad del aparato especial conocido como el *endosmómetro*. Se llena de alcohol un vaso, que se tapa despues con un cuerpo membranoso, como una vejiga, bien asegurado; y se sumerge el todo en una vasija de agua. En pocas boras se ballará que el agua ba pasado por la vejiga al alcohol, y este al agua, estableciendo asi una corriente encontrada entre ambos líquidos; de las que la primera, que es mas fuerte y aumenta el volúmen de la otra, se llama la *endósmosis*, y la segunda la *exósmosis*. El mismo experimento se

---

Caso del tubo cortado y de su evaporacion. 345. A qué se atribuye las atracciones y repulsiones en cuerpos flotantes? Mostradlo con el ejemplo de las esferas. 346. Qué son la endósmosis y la exósmosis? Cómo se demuestran? 347. Se producen la en-

puede repetir con una disolucion gomosa o de otro liqnido mas denso que el agua, como la leche, la albúmina, una disolucion de azúcar, etc.

347. Los fenómenos de endósmosis y exósmosis se producen tambien en los gases.

Tápese bien un frasquito lleno de aire con nna vejiga fina, y colóquesele en una jarra con gas, ácido carbónico; y este se pasará al frasco y el aire saldrá fuera. En este caso tambien la corriente acia dentro será mas fuerte que la del aire acia afuera, de modo que la vejiga se hincha y revienta al fin.

348. Absorcion e imbibicion.—Casi sinónimas son en física las voces *absorcion e imbibicion*, pues ambas indican una penetracion de una sustancia estraña en un cuerpo poroso. Con todo, la absorcion se aplica indistintamente a los líquidos y a los gases, mientras que la imbibicion no se estiende mas que a los primeros.

La propiedad de absorber los gases, en el sentido físico, pertenece a todos los cuerpos dotados de poros sensibles, pero en grados mui variables. Apagado el carbon de encina debajo de una campana llena de un gas, absorbe, a la presion ordinaria, 90 veces su volúmen de amoniaco, 35 de ácido carbónico y 9 de oxígeno. Mojado el mismo absorbe la mitad, demostrando así que su propiedad absorbente es debida a la porosidad, y por lo mismo, a la accion capilar. El poder absorbente del carbon de abeto es mitad menor que el de la encina, y el del corcho es casi nnlo, siendo el mas poroso; lo que parece probar que, si la porosidad es esencial a la absorcion, hai empero cierto límite a aquella.

349. *Absorcion en las plantas y animales.*—En el reino vegetal se verifica la absorcion por todas las partes de la planta, pero sobre todo por las esponjuelas en que terminan las raices, y por las hojas. Por estos órganos absorben el agua, al ácido carbónico y el amoniaco, que constituyen lo necesario para la nutricion de las plantas. La capilaridad solo eleva el liquido en la parte baja, y no produce corriente do abajo arriba. La savia se levanta por la accion combinada de la capilaridad y la endósmosis, favorecidas por el vacío que tiende a producir en las partes altas la exhalacion por las hojas.

Los animales inferiores, cuyos tejidos no constan mas que de celdillas, viven como los vegetales por la imbibicion y la endósmosis. En los animales superiores hai absorcion, como se ve por el hecho do que aquellos que toman la rubia, tienen sus huesos de color rojo. Un liquido en contacto con nna snperficie cntánea, pnede pasar a los vasos por efecto de endósmosis y la absorcion del cnerpo. Una gota del ácido llamado prúsico es asi capaz de causar la muerte, si se la deja posar en un brazo. Las grasas no son absor-

dósmosis y la exósmosis en los gases? 348. Qué son absorcion e imbibicion? A qué se deben y como se efectuan en los gases? 349. Qué parte tienen la absorcion y la endósmosis en las operaciones del reino vejetal y animal?

7*

bidas, porqne no se mojan; aunque se ba descubierto despnes qne pneden absorberse cuando estan emulsionadas con jugo pancreático—Favorecen a la absorcion y a la endósmosis, el calor, la deplecion y una abundante traspiracion o sangría.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 325.) Un frasqnito de peso de 4 onzas cuando vacío, pesa 6 onzas lleno de agua, y 7 lleno con ácido nítrico. ¿Cuál será la gravedad específica del ácido?—*Resp.* 1.5.
2. Un vaso lleno de éter pesa 13.575 onzas; lleno de agua, 15 onzas; vacío, 10 onzas. ¿Cuál es la gravedad específica del éter?
3. Un jarro vacío pesa 7.5 libras; lleno de ácido sulfúrico, pesa 12.1125 lbs.; y lleno de agua, 10 lbs. Búsquese la gravedad específica del ácido snlfúrico.
4. Una botella de mil granos resulta contener 870 granos de aceite de trementina, y 1,036 granos de aceite de clavo. ¿Cuál es la gravedad específica de estos dos aceites?

   ¿En cuál de ellos se sumergeria mas una esfera de corcho?
5. (*Véase* § 329.) Un pedazo de cristal fino pesa 5 onzas en el aire y tres en el agua. ¿Qué gravedad específica posee?—*Resp.* 2.5.
6. Un hneso de buei pesa 2.6 onzas en el agua, y 6.6 en el aire. ¿Cnál es sn gravedad específica?
7. ¿Cuál es la gravedad específica de nn trozo de marfil, qne pese 16 onzas en el aire, y pierda $8^{3}/_{4}$ onzas pesado en el agua?
8. (*Para resolver los dos casos que siguen, véase* § 330 *y el ejemplo. En cada uno de ellos se supone que una libra* (16 *onzas*) *de plomo, que pese* 14.6 *onzas en el agua, ha sido empleada para sumergir el sólido.*)

   Un pedazo de cera de 8 onzas de peso atado a nna libra de plomo, pesa por junto en el agua 13.712 onzas. ¿Cuál es la gravedad específica de la cera?
9. Atando nn trozo de fresno a nna libra de plomo, se encuentra qne ambos pesan en el agua 12.76 onzas. El fresno solo pesa 10 onzas en el aire. ¿Cnál es su gravedad específica?
10. (*Véase* § 331.) Un frasco de vidrio al que se le ha extraido el aire pesa 4 onzas; lleno de aire pesa 4.25 onzas; y lleno de cianógeno, 4.45125 oz. ¿Cnál es la gravedad específica del cianógeno?
11. Un frasco lleno de cloro pesa 11.222 onzas; lleno de aire pesa 10.5 oz., y con el aire extraido, 10 oz. ¿Cuál es la gravedad específica del cloro?
12. Conforme a las dos respuestas anteriores; ¿cuál de estos, el aire, el cianógeno o el cloro, levantaria mas facilmente un globo aereostático?
13. (*Véase* § 333.) ¿Cuántos pies cúbicos de aire se reqneriria para pesar 4 pies cúbicos de agua?
14. (*Véase* § 337 *y la tabla.*) ¿Cnánto pesaria nn pie cúbico de oro? cuánto el mismo volúmen de plata?
15. ¿Qué pesarian 4 pies cúbicos de mármol de Pária?

16. ¿Cuál es el peso de un trozo de antracita de 6 pies de largo, 4 de ancho y tres de alto? (*Para hallar el número de pies cúbicos en el trozo, multiplíquense juntamente el largo, ancho y espesor.*)
17. Supóngase una pieza de 10 pies de alto, largo y ancho, toda llena de oro, ¿qué pesaria el oro?

CAPÍTULO XI.

CONTINUACION DE LA MECÁNICA.

HIDRÁULICA.

350. La Hidráulica es aquella parte de la Hidrodinámica (así como esta lo es de la Mecánica racional) que trata del arte de conducir y elevar flúidos, especialmente el agua, y de la construccion de toda especie de instrumentos y máquinas para moverlos o que son movidos por ellos.

351. Salida de los líquidos por los orificios.—Si hacemos un agujerito en las paredes de un vaso, el líquido sale en virtud de la gravedad, que lo solicita en el sentido de la vertical; y por la presion del mismo que obra sobre las paredes, en proporcion a la profundidad. El chorro líquido que sale entonces se llama *vena;* y esta será perpendicular acia abajo si el orificio está en el fondo del vaso o depósito, y horizontal u oblícua si en las paredes laterales del mismo.

352. *Su velocidad.*—La velocidad de la vena saliente depende de la densidad del líquido, el exceso de presion a la salida, y su roce a la salida y contra las paredes. Estando hecho el orificio en la pared delgada de una vasija grande, a fin de remover toda causa tendente a modificar la mocion del flúido, la salida es conforme al siguiente teorema llamado de Torricelli: *Las moléculas líquidas, cuando salen por el orificio, tienen la misma velocidad que si*

350. De qué trata la Hidráulica? 351. Qué causa la salida de los líquidos por orificios? 352. De qué depende la velocidad de las salidas? Cuál es el teorema de

cayeran libremente en el vacío de una altura igual a la distancia vertical del centro del orificio a la superficie del líquido en el depósito.

Tomó este teorema el nombre de Torricelli del apellido del célebre físico que lo estableció en 1643, como una consecuencia de las leyes de la caida de los cuerpos, que acababa de descubrir Galileo, de quien fué aquel discípulo.

Conforme a esta lei, si a un depósito lleno de agua se hace tres orificios, a la profundidad de $16^1/_{12}$, $64^1/_3$, y $144^3/_4$ pies, el liquido saldrá por ellos con la velocidad respectiva de $32^1/_6$, $64^1/_3$ y $96^1/_2$ pies por segundo; porque tal seria la velocidad de un cuerpo descendente para las distancias antes mencionadas.

Estas distancias son unas a las otras como 1, 4, 9; y las velocidades son unas a las otras como la raiz cuadrada de estos números, 1, 2, 3. De lo que se sigue como una consecuencia del teorema anterior, que, *las velocidades en la salida de las venas por diferentes orificios de un mismo vaso, son unas a las otras como las raices cuadradas de sus respectivas distancias del nivel del líquido al centro del orificio.*

353. *Gasto efectivo y teórico.*—Se llama *gasto efectivo* de un orificio, el volúmen de líquido que sale por él en cada segundo; y *gasto teórico* el volúmen de líquido igual al de un cilindro que tuviese por base el orificio, y por altura la velocidad teórica antes demostrada; es decir, que el gasto teórico es el producto del area del orificio multiplicado por la velocidad teórica. Por numerosos experimentos hechos, resulta que el gasto efectivo no viene a ser mas que como dos tercios del gasto teórico.

354. *Salida constante.*—En los experimentos hidráulicos se calcula en la suposicion de que hai una altura y presion constante en el líquido, y por consiguiente una uniforme velocidad en su salida; pero a menos que el depósito se esté rellenando incesantemente, el líquido bajará y con él menguará la presion y la velocidad. Requíerese doble tiempo para vaciar una vasija sin rellenar por un orificio dado, que el que tomaria a la misma cantidad de líquido para salir, si se mantuvieran inalterable el nivel y altura del líquido encima del orificio. Hai aparatos en que se ha conseguido actualmente este último resultado, permitiendo al físico investigador ejecutar sus experimentos y cálculos.

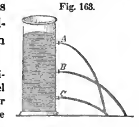
Torricelli? Qué se deduce de él? 353. Qué son gastos efectivo y teórico? En qué proporcion estan el uno al otro? 354. Qué diferencia hace una salida constante y otra

355. *El clepsidra.*—Los antiguos median el tiempo con el *clepsidra* o reloj de agua. Era este simplemente un vaso trasparente con un agujerito en el fondo, que debia vaciarlo en un tiempo dado. Una escala a los lados marcaba las horas segun los diversos grados de descenso del agua. Como la salida era mas rápida al principio, estando lleno el vaso, las divisiones o espacios iban aumentando gradualmente acia el borde. Este imperfecto instrumento quedaba así sujeto a las modificaciones de la temperatura y la atmósfera, y no podia servir a su objeto sino aproximadamente.

356. *Salida por tubos cortos.*—Muchas veces ponemos tubos cónicos o cilíndricos en los orificios para aumentar la salida del líquido, a manera de planos inclinados o por efecto de la presion en el orígen del tubo; pero a cortísima distancia se nota una especie de resistencia, que proviene de la adhesion de las moléculas líquidas entre sí y con las paredes. Con todo, si el tubo es corto y cilíndrico, y de una longitud no mas de cuatro veces mayor que el diámetro, la vena puede aumentar una tercera parte, si el líquido se adhiere y moja el interior del tubo. Con un *adjutage* cónico, convergente acia afuera, el aumento es mayor: puede que un chorro 2 a 4 veces mas grande, que el que suministraria un orificio de igual diámetro en una pared delgada, es decir, 1.46 veces mas grande que el gasto teórico.

357. *Surtidores.*—Los *surtidores* son filetes de agua que salen con fuerza de un orificio por efecto de la presion que ejerce una columna de líquido sobre el nivel de este orificio. Estos surtidores al descender siguen la misma línea de un proyectil, esto es, describen una parábola (§ 127). En un cierto vaso, proyectaria mas afuera aquella vena o surtidor que salga por un orificio situado en medio de la superficie y en el fondo del líquido. Los surtidores que fluyen de orificios igualmente apartados del central, saltarán a igual distancia.

Fig. 163.



La fig. 163 nos demuestra, que estando el orificio B al medio entre la superficie y el fondo del líquido, emite por tanto un surtidor a una mayor distancia horizontal; y en los orificios A y C que

decreciente? 355. Cómo estaba hecho el clepsidra de los antiguos? 356. Cómo se aumenta la salida por tubos cortos? 357. Qué son surtidores, y cuáles las reglas para

estan equidistantes de B, los surtidores que salen de ellos alcanzarán a un mismo punto.

358. *Volúmen emitido.*—Para hallar el volúmen de líquido emitido en un tiempo dado por el orificio de un vaso que se mantiene lleno, se multiplica el área del orificio por la velocidad del surtidor por segundo, y este producto por el número de segundos.

Ejemplo. ¿Cuánta agua saldrá por un orificio de 2 pulgadas cuadradas en 5 segundos, siendo la velocidad del surtidor 10 pulgadas por segundo, y manteniéndose al mismo nivel el liquido en el vaso?—*Resp.* $2 \times 10 \times 5 = 100$ pies cúbicos.

359. La cantidad emitida por un orificio dado en un cierto tiempo varía con los diferentes líquidos. Asi el alcohol, por ejemplo, fluye con mas lentitud que el agua, y el mercurio mas rápidamente que esta; y la salida o emision de alcohol será menor, y la del mercurio mayor que la del agua.

360. Un orificio circular de una cierta área hace fluir mas líquido en un tiempo dado que ningun otro de otra forma. La razon de esto es porque el círculo es la linea mas pequeña que puede encerrar un espacio dado; y al pasar por el orificio circular el líquido viene en contacto con menos extension de superficie sólida, y es menos retardado por el roce.

Tambien puede aumentarse el volúmen saliente por un orificio en un tiempo dado, calentando el liquido para que pierda algo de su cohesion y fluya mas rápidamente.

361. Ya se ha visto como se aumenta la salida de un liquido por medio de tubos adicionales cortos ajustados a los orificios, y que se suelen llamar *adjutages*. De esta manera se impide que las menudas corrientes de particulas se obstruyan unas a las otras al pasar. La forma mas conveniente es la de un cono saliente acia el esterior del vaso, o en la figura de una campana, como la de A en la fig. 164. Con un tubo de esta clase, se duplica la salida de un liquido; pero es mayor todavia la ganancia si el vaso se hace redondo acia el orificio en correspondencia con el tubo, como B en la fig. 165. Por el contrario mengua la

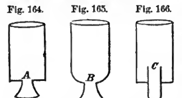


Fig. 164. Fig. 165. Fig. 166.

producirlos a mas o menos distancia y elevacion? 358. Cuál es la regla para hallar el volúmen emitido por un orificio? 359. Varía la cantidad emitida con el liquido? 360. Por qué un orificio circular emite mas volúmen? 361. Cómo influye la forma

salida, si el tubo se estiende y penetra mas adentro de la pared del vaso, como ocurre en la fig. 166.

362. CURSO DE LOS LÍQUIDOS POR CAÑOS Y CANALES.—El roce del agua contra las paredes de los caños o tubos largos por que fluye, retarda su velocidad y mengua la cantidad saliente, como queda visto. Si la distancia es grande o hai recodos bruscos, el diámetro de los caños debe aumentarse para equilibrar la pérdida notable que resulta por efecto del roce. Si bastaban ántes caños de 6 pulgadas de diámetro para obtener cierto surtido de agua, seria preciso ahora tenerlos de 9 pulgadas al menos.

363. *Rios.*—El roce constante de una corriente contra sus riberas y lecho, retarda materialmente su carrera ; y por esto es que la velocidad de un rio es siempre menos cerca de sus orillas que en el centro, asi como es menos abajo, cerca del fondo, que en la superficie.

Tambien contienen la velocidad de las corrientes las sinuosidades y vueltas de su canal ; y los rios no serian generalmente navegables, si no fuera por estos dobleces y recodos que moderan su rapidez.

La velocidad de una corriente depende mucho del declive de su lecho. Un rio con pocas sinuosidades y una caida de tres pulgadas por milla, se mueve a razon de tres millas por hora. A medida que el declive baja, la velocidad aumenta ; y una caida de tres pies por milla basta a darle la impetuosidad de un torrente. A veces el lecho de un rio tiene una caida mui grande al principio, y despues se pone casi al nivel. En estos casos, el ímpetu del agua de arriba comunica su movimiento al resto en proporcion a su masa. El descenso del Amazonas en sus últimas 700 millas, es solo de 12 pies.

364. *Medida de las corrientes.*—Varios son los medios empleados para medir la velocidad de las corrientes. El mas sencillo método, es el de una botella con una banderita fija en su corcho, la que se sumerge bajo el nivel de la corriente, indicando aquella su velocidad. Tambien se puede usar una rueda con paletas, la que se coloca en la corriente, sumergíendola hasta cubrir toda la superficie de las paletas. Observando el número de revoluciones en un tiempo dado,

---

del tubo en la cantidad emitida? Mostradlo con ejemplos. 362. Qué se hace para pasar el agua por caños a distancias largas? 363. Qué se observa en la corriente de los rios? Qué otras circunstancias aumentan o disminuyen su corriente? 364. Qué

sabrémos la rapidez; pues el roce es insignificante, y la rueda se da vuelta con la corriente misma.

Cuando se quiere averiguar la rapidez de una corriente con profundidades diferentes, se recurre a un instrumento especial y mas complicado, como el de Pictot.

Consiste este de un tubo doblado casi en ángulos rectos, que remata como en una boca de embudo: la parte del tubo mas arriba del agua ha de ser de vidrio. Se coloca este instrumento en la direccion de la corriente y en la profundidad que se trata de observar. Si el agua está tranquila, la altura dentro y fuera del tubo será la misma; pero si se mueve se elevará precisamente en el tubo para contrarestar la fuerza o corriente que la impele: la columna de agua subirá tanto mas en el tubo, cuanto mas veloz sea la corriente.

365. La cantidad de agua que se descarga por una corriente, depende del tamaño y velocidad de esta. En los grandes rios su masa es casi increible. El volúmen que sale por el Mississipí, está calculado en doce billones de pies cúbicos por minuto; y él del Amazonas, es como cuatro veces mas grande.

366. *Olas.*—Las olas son causadas por la accion del viento en una superficie líquida. Como las partículas de un líquido se mueven libremente entre sí, las ondulaciones producidas directamente por el viento se estienden por su faz a una gran distancia, mas allá del viento mismo.

El viento puede, por decirlo así, asirse del agua y producir olas mediante el roce o frotamiento con su superficie. Como en las máquinas, el roce es susceptible de disminucion por el aceite aplicado a la superficie: el viento entonces se desliza sobre ella, y el agua se calma algun tanto. Se dice aun que un bote ha podido atravesar una fuerte resaca del mar, desparramando barriles de aceite sobre ella.

Las olas parecen moverse acia adelante, pero en las profundidades solo suben y bajan. Cuerpos flotando en elevadas y sucesivas olas, se les ha hallado en un mismo lugar despues de la tempestad. Cuando hai con todo rocas o arrecifes debajo, las ondulaciones adquieren una mocion correntosa, formando reventazones. Hai olas que rompen constantemente contra las rocas, de cualquier lado que venga el viento.

367. Las olas no se levantan generalmente mas de 20 pies de alto, esto es, no se elevan mas de 10 pies o descien-

---

métodos se emplea para averiguar la velocidad de las corrientes? Cuál cuando la profundidad es desigual? 365. De qué depende la masa de agua que sale por un rio? 366. Cuál es la causa de las olas? Cómo puede calmárselas? Tienen corrientes las

den mas de 10 pies al nivel del mar. Con todo, hai ocasiones en que llegan a una altura de 40 pies; y vastas y enormes como son, sus efectos no se sienten mas que en la superficie, ni se extienden tampoco a todo el océano. Las mas terribles tormentas no se sienten a la profundidad de 200 pies.

368. *Mareas.*—En el océano, y las bahias, rios, etc., que se comunican con él, ocurre alternativamente una alza y baja en el nivel del agua, que dura cosa de seis horas cada una; y son conocidas con el nombre de *mareas.* Cuando la marea sube, se dice que está en su *flujo* o *creciente;* y cuando baja, está de *reflujo* o en *menguante.*

369. Las mareas son originadas principalmente por la atraccion de la luna. Este satélite luminoso al encontrarse con cualquier punto de la superficie de la tierra, atrae el agua a esta parte con mas fuerza que a la otra; y esta atraccion causa la marea creciente. Esta elevacion produce una correspondiente depresion o baja marea en las otras partes; y como la luna al girar al rededor de la tierra, está oponiéndose incesantemente a un punto de ella, la alta marea va siguiendo asi su curso.

El sol atrae tambien el agua a la superficie de la tierra; pero no tan fuertemente como la luna, a causa de su vasta distancia. Cuando el sol y la luna obran en la misma direccion, lo que sucede en cada renovacion y creciente de la luna, las mareas son mas altas, y se llaman las *mareas vivas.* Cuando el sol y la luna actuan en direcciones encontradas, las mareas son mas bajas, y se denominan especialmente las *bajas mareas.*

370. Las corrientes de los vientos, la configuracion de las costas adyacentes, y otras circunstancias afectan las mareas, haciéndolas mas o menos altas en diferentes lugares. En la isla de Sta. Helena, la altura de la marea es solo tres pies; mientras que en algunas costas del Canal de la Mancha llega a 60 pies. Las mareas mas altas que se conocen, son las que se observan en la Bahia de Fundia, donde alcanzan hasta 70 pies de elevacion; lo que hace un término medio de un pie cada cinco minutos: tan rápida es la creciente que los animales que pacen en la vecindad no tienen a veces tiempo de retirarse, y perecen ahogados.

371. Ruedas de molino.—Hemos notado la gran utili-

ólas? 367. A qué altura, distancia y profundidad llegan las olas? 368. Qué son mareas flujo y reflujo? 369. Cuál es la causa de las mareas? Qué son mareas vivas y bajas mareas? 370. Qué causas influyen en la altura y velocidad de las mareas?

dad del agua como potencia motriz (§ 179). El modo de aprovecharla, es por medio de unas ruedas especiales, que el líquido voltea por su propio momento, haciendo girar sus ejes y las otras partes eslabonadas de una maquinaria.

Las ruedas movidas por agua son de cuatro clases: la rueda de herir, la rueda de gravitacion, la rueda de frente, y la turbina.

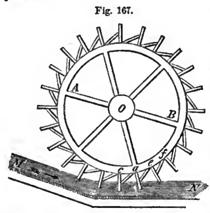


Fig. 167.

372. La rueda de herir está representada en la fig. 167. Una rueda, A B, unida a un eje, O, contiene en sus bordes un número de paletas *c*, *d*, *e*, *f*, puestas en ángulos rectos, y a igual distancia la una de la otra. Toda la pieza se coloca de modo que la paleta inferior se sumerja en la corriente, M N; la que hiriendo a la vez varias paletas mas o menos sumergidas, hace voltear la rueda.

La corriente es llevada comunmente a la rueda por un angosto pasage llamado el *saetin*; y puede aumentarse aun mas su fuerza, dando a esta canaleta un cierto declive, como se nota en el grabado. Otras veces el agua hiere la rueda inmediatamente al desprenderse de la represa, añadiendo así a la velocidad de la corriente la presion de una gran masa de liquido. Con todo, en las circunstancias mas favorables no se utilizaria mas de una cuarta parte de la potencia motriz, porque no es el *peso*, sino la fuerza de la corriente la que mueve la rueda.

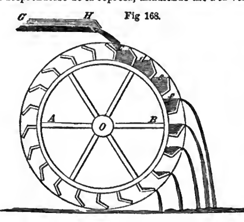
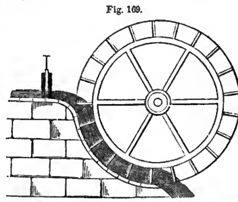


Fig 168.

373. Una rueda de gravitacion vemos dibujada en la fig. 168. Consiste esta de una rueda, A B, con su eje, O, y un número

271. Cómo son y de cuantas clases las ruedas de molino? 372. Explicad la accion de la rueda de herir. Cuál es su fuerza? 373. Haced el análisis de la rueda de gravitar.

de *cajones* cn su llanta, *c, d, e, f*. La corriente pasa por la canal, G H, viniendo a herir encima la rueda, la que el peso y la fuerza del agua unidos hacen voltcar. Otro cajon cae cntonces bajo la corriente, y despues otros en sucesion, que se llenan a la vez de agua, para vaciarse gradualmente en seguida, a medida que la rueda desciende: de modo que los que comienzan a subir estan vacíos enteramente. Como los cajones descendentes contienen mas o menos agua, y los ascendentes ninguna, la rueda es sostenida en mocion; y el peso de la corriente así como la velocidad son aprovechados para retener tres cuartas partes de la potencia motriz.—Se emplea esta rueda cuando el agua es escasa e irregular.


Fig. 169.

374. LA RUEDA DE FRENTE O DE LADO representada por la fig. 169, contiene como la anterior una série de cajones anexos a su canto. Le cae el agua acia cl medio, y parte de su peso viene así a cooperar en el movimiento. Este sistema, aunque no tan efectivo como la rueda de gravedad, aprovecha al menos tres quintos de la fuerza motora.

Se puede formar una idea mas distinta de las diferentes ruedas hidráulicas, comparándolas a la muestra o cara de un reloj. En la rueda de frente, el agua cae entre las ocho y las onze horas, o entre la una y las cuatro, segun el movimiento que se la quiera dar. En las ruedas de gravedad la mocion sigue la direccion de las manos o punteros del reloj. La corriente ha de caer tan arriba como sea posible, y los cajones han de estar hechos de modo que retengan el agua hasta el punto mas bajo practicable, y que corresponda como a las cinco en la esfera.

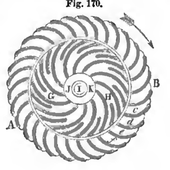


Fig. 170.

375. LA TURBINA, de la que se ve una seccion en fig. 170, en vez de ser vertical como las otras, es horizontal. Esta es una rueda, A B, dividida en un número de particiones curvas, *c, d, e, f*. En el centro tiene un cilindro fijo, G H, dividido tambien por particiones correspondientes a las de la rueda esterior, pero que llevan direcciones encontradas a ella. Este cilindro está ligado

Qué parte de la potencia se utiliza con ella? 374. Donde cae el agua a las ruedas de frente y qué poder utilizan? A qué puede compararse el movimiento de las ruedas

con la base de un tubo recto, J K, por cuyo centro pasa otro tubo, I. El agua que da movimiento a la máquina entra por J K, pasa por las particiones G H, es impelida por estas a las correspondientes particiones de la rueda esterior, y escapa por un desagüe provisto para el caso. El liquido hiere estas particiones casi en ángulos rectos y con mucha fuerza, a causa de la presion del agua en el tubo. Volteando así la rueda, un eje anexo al tubo interior I, trasmite la mocion a toda la maquinaria. En las cascadas de agua la turbina puede hacerse un motor de gran fuerza, y utilizarse con ella hasta cuatro quintos de la potencia motriz, esto es, mas de lo que se gana con otra rueda alguna.

376. Ruedas de los vapores.—Las ruedas de los buques de vapor no se mueven con el agua, como las descritas anteriormente, sino por la máquina colocada dentro de ellos. Cuando las ruedas azotan el agua, esta reacciona sobre aquellas; y la embarcacion se mueve o retrocede a voluntad del maquinista, segun la direccion que les quiera dar. Las fuertes paletas o aspas de que el círculo esterior de la rueda está provisto, dan mas fuerza a la accion.

Al descender y subir las paletas encuentran una resistencia considerable en la direccion vertical, lo que retarda su movimiento; y solo cuando vienen a ponerse verticalmente al agua desarrollan libremente su poder. Los vaivenes del buque que surmerjen o descubren la rueda, interfieren tambien con su accion. Estas desventajas han hecho que muchos prefieran ahora los vapores a hélice, que tienen la rosca o mariposa impelente debajo del agua y a popa.

377. Mucho tiene que hacer la forma de la nave en su mas o menos rápido andar. Cuanto mas angosta y puntiaguda sea su proa, tanto mas facilmente penetra y vence la resistencia del agua, a la manera de una cuña. Sin embargo, demasiada angostura seria tambien peligrosa en las borrascas, y no deja espacio suficiente para flete. De aquí es que todo el arte del constructor naval debe ser desplegado en combinar la celeridad, la seguridad y la capacidad de la nave: un problema a la verdad mui arduo de resol-

---

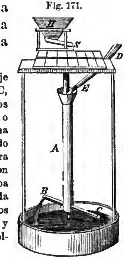
hidráulicas? 375. Cómo está construida la turbina, y qué fuerza produce? 376. Cómo andan las ruedas de los vapores? Qué ventajas tienen sobre ellos los vapores a hélice? 377. Qué cualidades hai que consultar en la construccion de

ver, aunque mucho ha avanzado en este sentido la arquitectura marítima en estos últimos años.

Mr. Winans, un hábil mecánico de Baltimore, ha construido un vapor de la figura de un cigarro Habano; pero los ensayos hasta aquí hechos, aunqne realmente demuestran un andar de diez y ocho millas, no pueden considerarse mui felices. El material empleado es el hierro.

378. Molino de Barker. — Una ingeniosa máquina hidráulica, llamada el *molino de Barker*, se diseña en la fig. 171.

Fig. 171.



A es un cilindro hueco que voltea sobre un eje vertical; a su base tiene un tubo horizontal, B C, que se comunica por dentro con el cilindro A: a los estremos de este tubo hai dos pequeñas salidas o surtidores. Se introduce una corriente continua por medio del caño D E en la abertura de embudo en que remata el cilindro. Si el líquido no tuviera salida se estagnaria alli, ejerciendo una presion igual de todos lados; pero en vez de esto, se escapa por el tubo atravesado B C, haciéndolo girar en la direccion de la presion y contrariamente a la de los surtidores. El cilindro A da vueltas con el tubo, y así se trasmite la mocion a la muela. H es la tolva que surte de grano el molino.

379. Máquinas para elevar el agua.—Siendo el agua para el universo viviente, lo que en cierto modo es la sangre para el cuerpo animal, todos los medios del arte han sido apurados para elevarla y abastecer de ella los parajes no provistos por la naturaleza. Se la saca con pozales o zaques y cuerdas tiradas a mano, o por medio de un eje y cigüeña, ya sea por si solos o muchos arcaduces en rastra, como se hacia en las *norias* antiguas. A veces se usa una especie de palanca a vuelo, otras un torno, y una variedad de aparatos o maromas fundados en este principio. Pero esto es solo para los usos domésticos; pues si se requiere elevar una gran cantidad para regadíos y otros intentos, es necesario recurrir a máquinas de mas poder y economía de labor. Algunas de estas están basadas en los principíos de

una nave? 378. Describid el molino de Barker. 379. Qué aparatos se emplean

la Neumática y tratarémos de ellas en su orden respectivo; las que pertenecen esclusivamente a la Hidraúlica vamos a describir en seguida.

380. *Tornillo de Arquímedes.*—Esta máquina se dice haber sido inventada por Arquímedes para ayudar a los habitantes de Ejipto a desaguar sus tierras inundadas por el Nilo. Consiste de un tubo enroscado, a manera de tirabuzon, al rededor de un cilindro en posicion inclinada, como se nota en la fig. 172.

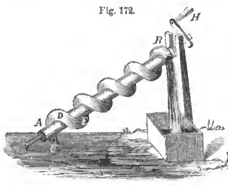


Fig. 172.

El extremo inferior del tubo, C, descansa cabalmente debajo de la superficie del agua. El cilindro, B A, debe inclinarse en un ángulo de cosa de 35 grados o mas, y reposar en una base que le permita voltear facilmente con el manubrio, H. Dandósele vuelta, el cilindro coje por la abertura de boca de abajo una porcion del líquido, como lo haria una cuchara. A una media vuelta el punto D está mas bajo que el extremo C, y el agua desciende a D por la fuerza de gravedad; otra media revolucion trae el punto E mas bajo que D, y el agua vuelve otra vez a descender. Se continua así hasta que el agua sale por la boca superior; y como en cada revolucion arrastra una porcion de líquido, y puede dársele 100 a 200 revoluciones por minuto, se concibe bien el grueso surtido que producirá con un trabajo continuado.

381. *Bombas de rosario.*—Las bombas de rosario o de cadena son mui usadas por su sencillez y poco costo. El principio bajo el cual estan construidas, es el mismo aplicado tambien a las *dragas* o máquinas de limpiar los fondos de canales, rios, bahias, etc.

Este aparato se compone de una cadena continua o sin cabo, que lleva de trecho en trecho y a igual distancia chapas circulares, *c*, *d*, *e*, *f*, etc. (fig. 173). Estas chapas han de ajustarse al cilindro G H, cuyo bajo extremo queda en el agua. La cadena pasa sobre las dos ruedas, I, J; y a la de ariba I, está anexo un manubrio. Cuando se trabaja este, la cadena corre y con ella las chapitas, que pasando por el cilindro G H arrastran consigo el

para elevar el agua para usos domésticos? 380. Cuál es el tornillo de Arquímedes? Describid su accion y composicion. 381. Cuáles son las bombas de rosario?

agua, que no tiene medios de salir hasta llegar a la boca K, por donde continuará fluyendo mientras el manubrio esté andando.

Fig. 173.

382. *El ariete hidráulico.*— Este útil aparato fué inventado en Francia en 1796, y eleva el agua por impulsos sucesivos como las embestidas de un carnero, y por esto se le dió el nombre de *ariete hidráulico.* Se obtiene la potencia necesaria deteniendo el curso de un arroyo, y haciendo servir su momento para elevar una porcion del mismo líquido.

La fig. 174 muestra una forma simple del ariete hidráulico. En el fondo de una represa, A, se pone un caño inclinado, B, por el cual corre el agua destinada a mover el ariete. Cerca del extremo de este caño hai un depósito lleno de aire, D, al que está anexo un tubo recto, F. El pasaje que une a B con el depósito de aire, está cortado por una válvula que se abre para arriba. A la extremidad del cañon B hai otra válvula, E, que se abre para abajo, la que no ha de tener mas peso que el suficiente para que caiga cuando el agua en B está estancada.

Fig. 174.

El juego de la válvula E es el que pone en accion todo el aparato. Supóngase que el cañon B esté lleno con el agua de la represa; la válvula E se abre con su peso, y deja salir una parte del agua. Con todo, inmediatamente despues el agua adquiere momento bastante para levantar la válvula y cerrar la salida. Con esto la corriente es contenida súbitamente, y podria reventar con el choque el caño, si no fuera por la válvula que se abre al depósito de aire D, la cual deja entrar

Como estan construidas y como se las trabaja? 382. Cuál es el ariete hidráulico?

parte del agua. El aire en D, se condensa al principio por la presion del liquido admitido, pero luego reacciona y empuja el agua a F, pues la cerradura de la válvula la impide retroceder a B. Por este tiempo al agua en B vuelve otra vez al reposo, abre la válvula E; y se repite la operacion anterior.

Por medio de empujes sucesivos y rápidos se puede alzar el agua en F a una gran altura. Un descenso de cuatro a cinco pies del estanque o represa seria suficiente. Debe cuidarse mucho que la válvula E sea del peso preciso para caer cuando B está en reposo, y que no tenga tampoco tanto peso que impida abrirla con facilidad cuando el momento de la corriente aumenta. El cañon o tubo ha de tener tambien una longitud tal, que el agua contenida en su curso, no retroceda a la represa.

383. El ariete hidráulico suministra un medio económico y conveniente para levantar pequeñas cantidades o chorros de agua a una considerable altura; y como su accion puede ser continua y sin interrupcion, daria un surtido suficiente para regar jardines o huertos. Un arroyo pequeño con un moderado declive bastaria para mover esta máquina, y hacerla servir para proveernos con una parte considerable de su mismo flúido. Estando bien construidas y colocadas, se puede utilizar hasta un 60 por ciento de la potencia motora del ariete hidráulico; mas la esperiencia nos enseña que, a pesar de su aparente sencillez, falla muchas veces por algun defecto mecánico en su hechura o colocacion.

EJERCICIOS.

[*No entra aqui en cuenta el rozamiento.*]

1. (*Véase* § 352.) Dos venas fluyen por diferentes orificios dentro de un mismo vaso y con velocidades que estan una a otra como 1 a 6; ¿cuánto mas distará de la superficie la una de la otra?
2. La vena A está llenando un vaso por un orificio con una rapidez tríple a la de la vena B; ¿en qué relacion se encontrarán sus distancias de la superficie?
3. Dos orificios de igual tamaño estan echando el mosto de un lagar dentro del tanque, mas el uno viene a estar a 9 y el otro a 25 pulgadas de la superficie; ¿cuál será la velocidad respectiva de cada uno?
4. Un depósito de agua tiene tres salidas a 1, 4 y 16 pies de la superficie; ¿cuál será la velocidad comparativa de cada una?
5. Un chorro va llenando una vasija 4 pies por segundo, y deseo sacar otro chorro del mismo depósito con una velocidad de 16 pies por segundo; ¿cuánto mas abajo de la superficie que el primero habré de hacer la abertura?

Cuál es su estructura y accion? 383. Cuál es la utilidad y potencia del ariete hidráulico?

6. (*Véase* § 357.) Una tina de 3 pies de alto y llena de mosto, tiene cuatro orificios respectivamente a 3, 12, 18 y 24 pulgadas de la cima; ¿por cuál de ellas fluirá el líquido a una mayor distancia horizontal? por cuál otra en seguida? cuál otra despues?

7. (*Véase* § 358.) ¿Qué cantidad de agua emitirá por minuto un orificio de 3 pulgadas cuadradas, si el chorro fluye a razon de 5 pies por segundo, manteniéndose llena la vasija?

¿Cuánta agua emitiria por minuto otro orificio en la misma vasija, de igual tamaño, pero situado el cuádruplo mas abajo de la superficie del líquido?

8. Una vena fluye por el agujero perforado en el fondo de una vasija con la velocidad de 6 pies por segundo. El agujero tiene una área de 5 pulgadas cuadradas y la vasija queda vacía en 15 segundos. ¿Qué cantidad de agua contiene la vasija?

9. (*Véase* § 372.) Una corriente con fuerza igual a 100 unidades de obra mueve una rueda de herir; ¿cuántas unidades ejecutará de trabajo?—*Resp.* 25.

(*Véase* § 373.) ¿Cuántas unidades de obra ejecutará la misma aplicada a una rueda de gravitacion?

(*Véase* § 374.) ¿Cuántas aplicada a una rueda de frente?

(*Véase* § 375.) ¿Cuántas aplicada a una turbina?

CAPÍTULO XII.

NEUMÁTICA.

384. La *Neumática* es la ciencia que trata de las propiedades del aire y otros flúidos elásticos, y de los aparatos físicos y mecánicos a que han sido aplicados.

385. *Flúidos y su division.*—Los *gases* o *flúidos aeriformes* son cuerpos de moléculas perfectamente movibles y en un estado contínuo de repulsion que se designa con el nombre de espansibilidad, de tension o de fuerza elástica, de donde les viene el nombre de *flúidos elásticos.*

Estos son de dos clases: los *gases* y los *vapores.* Los primeros son todavía subdivididos en *gases permanentes*, o que mantienen su elasticidad y tension bajo toda temperatu-

384. Definid la Neumática. 385. Qué son flúidos elásticos? En cuántas clases

ra y presion, las que modifican solo su volúmen. Tales son considerados el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, el bióxido de nítrogeno y el óxido de carbono. Hai otra clase mas numerosa de gases, generalmente compuestos, que por la presion o el frio unidos o separadamente, pueden ser reducidos a líquidos; como son el cloro, el amoniaco, el cianógeno y el ácido sulfuroso, que se les llama por eso *no-permanentes.*

Esta última distincion no es rigorosa, y representa solo el estado actual de la ciencia. Así muchos gases tenidos antes por permanentes, han dejado recientemente de serlo en manos del eminente físico escoses, el profesor Faraday. Talvez se pudiera decir que los no liquidados hasta ahora no lo han sido por falta de gran presion o de suficiente baja temperatnra; pues suponen algunos que su estado aeriforme es debido solo a la fuerza repulsiva que el calor comunica a sus moléculas.

Los *vapores* son formados por la accion del calor en los líquidos, y retienen solo su condicion elástica o aérea, mientras exista una cierta temperatura esencial para su generacion; como es el caso con el agua, el alcohol y el éter, que el calórico convierte de cuerpos líquidos en aeriformes.

Se conocen treinta y cuatro gases en la química moderna: 4 de ellos simples, que son: el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno y el cloro; de ellos tan solo 7 se presentan libres en la naturaleza, a saber: el oxígeno, el nitrógeno, el ácido carbónico, el proto- y el bi-carbnro de hidrógeno, el amoniaco y el ácido sulfuroso. Todos los demas no se obtienen sino por medio de las reacciones químicas.

386. Los gases y los vapores tienen las mismas propiedades, y la Neumática los abraza todos; pero como el aire atmósferico es el mas comun de todos los flúidos elásticos, a él nos referimos principalmente en el desarrollo y aplicacion de sus principios.

Aire.

387. El *aire* es aquel flúido elástico que respiramos, y el cual envuelve la tierra en forma de un océano aéreo de mas de cuarenta y cinco millas de profundidad.

---

se dividen? Qué son gases permanentes? y cuáles no permanentes? Es rigorosa esta distincion? Qué son los vapores? Cuántos son los gases conocidos? 386. De cuál se ocupa principalmente la Neumática? 387. Qué es el aire? De qué se com-

Los antiguos suponian que el aire era uno de los cuatro elementos; pero la química moderna ha descubierto que es una mezcla de nitrógeno y de oxígeno en la relacion, por volúmen, de 79.20 del primero a 20.80 del segundo. En peso, su composicion es de 23.01 partes de oxígeno y 76.99 de hidrógeno; conteniendo a mas pequeñas porciones de ácido carbónico, proto de hidrógeno, etc., de modo que en 10,000 volúmenes de aire se encuentran

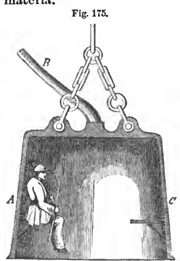
Nitrógeno.... 7,910	Acido carbónico.... 4	Amoniaco....señales
Oxígeno...... 2,091	Proto de hidrógeno.. 4	10,000

Los dos últimos varian con la temperatura, las estaciones, los climas y la direccion de los vientos. El ácido carbónico proviene de la respiracion de los animales, de las combustiones y de la descomposicion de las sustancias orgánicas; y se encuentra, por consiguiente, con mas abundancia en las ciudades que en la campiña. Segun M. Boussingault, se forma aproximativamente en Paris 2.944,641 metros cúbicos de ácido carbónico cada 24 horas. A pesar de esto no se modifica considerablemente la composicion de la atmósfera, porque la vegetacion ayudada de la luz solar descompone el carbono, asimilándoselo y restituyendo así a la atmósfera el oxígeno que la respiracion animal y las combustiones le han arrebatado.

388. Propiedades del aire.—Aunque el aire es como los otros flúidos trasparente, descolorido e invisible, podemos palparlo sensiblemente moviendo por él nuestra mano con rapidez. Es por consiguiente material, y contiene todas las propiedades esenciales de la materia.

389. En primer lugar, el aire es impenetrable, lo que se demuestra facilmente poniendo sobre el agua un vaso invertido, al cual, si se le sumerge en el líquido, no se llenará a causa de la impenetrabilidad del aire.

Fig. 175.



Una campana de bucear (fig. 175) ofrece una prueba y una aplicacion del principio de la impenetrabilidad del aire. A C es un gran vaso de hierro invertido, mas o menos parecido a una campana, a la cual hai atada una cadena para bajarla al fondo del agua añadiéndole pesos. A medida que el aparato desciende, el agua penetra por la

pone? De donde provienen estos gases? 388. Cuáles son las propiedades del aire? 389. Qué es la impenetrabilidad del aire? Cómo se demuestra con la campana de

presion que el líquido ejerce acia arriba y la condensacion consiguiente del aire; mas su impenetrabilidad repele al fin el agua, dejando aire en la parte superior, que permite a veces penetrar hasta el lecho del mar a varias personas. Así que se ha viciado el aire por la respiracion, se le deja escapar por una llave y se introduce otro mas puro por medio de una bomba de presion o condensacion y el conducto o caño señalado en B. Puede aun forzarse el aire acia abajo en cantidad suficiente para expeler totalmente el agua de la campana, de modo que los buceadores se muevan y operen con desahogo. Si el aire no fuera impenetrable, la campana se llenaria aquí de agua y ahogaria a los buzos.

390. No se sabe quien inventó la campana de bucear, y no hallamos mencion de ella en la historia hasta el siglo XVI. Acia este tiempo se refiere, que dos griegos bajaron al agua en Toledo en una especie de caldera invertida, delante del Emperador Carlos V. y muchos miles de espectadores, quienes se sorprendieron grandemente al verlos salir sin mojarse. En 1665 se empleó una especie de campana, fuera de las islas Hébrides, para buscar el tesoro sepultado en el mar junto con muchos de los buques de la Invencible Armada. De entónces acá se ha perfeccionado mucho este utilísimo aparato, sirviendo ahora para limpiar puertos, echar cimientos hidráulicos y recuperar efectos de naves naufragadas.

391. El aire es elástico, y por consiguiente susceptible de espansion y compresion.

Esto se demuestra con la misma campana de bucear; pues si el aire no fuera compresible, aquella no se llenaria parcialmente de agua, cuando está sumergida; ni se escaparia tampoco el líquido, al levantársela, si no fuera por la expansibilidad del aire que lo expele al reasumir su volúmen primitivo.

Fig. 176.

Ludiones.—La compresibilidad y la elasticidad del aire son curiosamente demostradas con el aparato representado en la fig. 176. En un vaso lleno de agua se pone globitos y figurines huecos de hombres, etc., hechos de vidrio de color, y comunmente llamadas *figuras cartesianas.* Cada una de ellas tiene un agujerito en el fondo, y son de la gravedad especifica suficiente para flotar en el liquido. Se tapa ahora la boca del vaso con un pedacito delgado de goma elástica, a fin de cortar toda comunicacion con el aire exterior. Comprímase entonces la goma, y el agua trasmitirá al instante la presion al aire contenido dentro de los figurines huecos. El aire comprimido permite penetrar al líquido, con lo que la gravedad especifica

bucear? 390. De cuándo data la mencion de una campana de bucear? 391. Cómo se prueba la elasticidad del aire? Demostrad el experimento de los ludiones o figuras

de las figuras aumenta, baciéndolas bajar. Quitandose los dedos de la tapa, el aire reasume por su elasticidad su volúmen prévio, y las figuras vuelven a alzarse. Repitiendo sucesivamente la operacion, se puede bacer bailar de arriba abajo a las figuras.

392. *Lei de Mariotte.*—El abate Mariotte, físico frances muerto en 1684, fué el primero en establecer la siguiente lei sobre la compresibilidad de los gases: *En igualdad de temperatura, el volúmen de una masa dada de gas está en razon inversa de la presion que sufre.* En otros términos: cuanto mayor sea la presion a que se someta los flúidos elásticos, tanto menor es el espacio que ocupan, y tanto mas su densidad. Segun esto, un volúmen de aire que bajo cierta presion ocupa un pié cúbico, con una doble presion se condensaria a medio pié cúbico; y bajo una tríple presion, se reduciria a un tercio de pié cúbico, etc.

Esta lei se demuestra con un aparato especial para el aire conocido con el nombre de *tubo de Mariotte*, cuya descripcion no entra en nuestros limites. Baste decir que con él se ha experimentado la presion del aire hasta 27 atmósferas, baciéndolo tan denso casi como el agua. No sucede empero lo mismo con todos los gases, pues muchos de ellos se convierten en líquidos bajo una presion mucho menor; y por consecuencia la lei de Mariotte no es absoluta, como se habia creido ántes que MM. Despretz y Regnault demostraron lo contrario.

393. *Escopeta de aire.*—Cuanto mas comprimidos esten los gases, mayor es su resistencia a la presion; y de aquí es que su fuerza elástica aumenta con la densidad. Bajo este principio está construida la *escopeta de aire*, una arma traidora con que el asesino ejecuta a veces sus criminales designios en silencio. Consiste este en un fuerte vaso o recipiente metálico, en el que se introduce el aire forzadamente hasta que ba llegado a un alto grado de condensacion. Entonces se le une a un cañon de fusil ordinario, en cuya recámara se encuentra una bala: tirándose del gatillo se abre una válvula por la cual se escapa violentamente el aire condensado, disparando la bala a una considerable distancia. Una carga de aire basta para tirar varios proyectiles, aunque su fuerza va mermando gradualmente.

394. El aire tiene peso. Pesad un frasco lleno de aire; pesad otra vez el mismo cuando el aire ha sido expelido; y hallareis una diferencia de peso a favor del frasco con aire.

Se ha demostrado por experimentos que 100 pulgadas cúbicas de aire pesan cerca de $30^1/_2$ granos, lo que lo bace 828 veces mas liviano que el agua.

---

cartesianas? 392. Cuál es la lei de Mariotte y sus efectos? Es aplicable a todos los gases? 892. Describid la escopeta de aire. 394. Tiene el aire peso? Cuál es este?

Se ha computado, que el peso de toda la atmósfera que rodea la tierra es igual a un globo de plomo de 60 millas de diámetro.

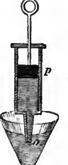
Presion atmosférica.

395. Se da el nombre de *atmósfera* a la capa de aire que envuelve a nuestro globo, al cual sigue en su movimiento por el espacio. Desde que el aire tiene peso, como hemos visto, claro está que la atmósfera debe ejercer una considerable presion sobre todos los cuerpos en la superficie de la tierra, lo que se conoce con el nombre de *presion atmosférica.*

Si suponemos dividida la atmósfera en capas horizontales, el aire comprime mediante su peso las capas inferiores, de donde resulta que, decreciendo esta presion con el número de capas, se presenta tanto mas enrarecido el aire cuanto mas se sube en la atmósfera.

Parecia aun natural, en vista de la fuerza espansiva del aire, que las moléculas de la atmósfera debieran difundirse indefinidamente por los espacios planetarios. Pero es el caso que, por efecto de la misma dilatacion, disminuye cada vez mas la fuerza espansiva del aire; y si a esta circunstancia añadimos la baja temperatura de las altas regiones de la atmósfera, resulta que llega un momento en que se establece el equilibrio entre la fuerza espansiva de las moléculas del aire y la accion de la gravedad que las solicita acia el centro de la tierra, de suerte que no puede menos de ser limitada la atmósfera.

Fig. 177.



396. Experimentos.—La presion de la atmósfera se demuestra con varios experimentos sencillos.

1°. Tomad una jeringa ordinaria como la diseñada en la fig. 177, y forzad el piston, P, hasta donde pueda llegar; y poniendo su extremidad, O, en un vaso de agua, retirad en seguida el piston, y el líquido penetrará tras él, como se nota en la figura.—¿Por qué es esto? Estando el piston ajustado a las paredes de la jeringa, no deja pasar el aire, y se forma entonces un vacío en el cuerpo, que entra a ocupar el agua del vaso por efecto de la presion que ejerce encima el aire.

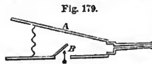
2°. Tomad un pequeño tubo, tapad un extremo con el dedo, y llenandolo de agua, invertidlo, como se nota en la fig. 178. La presion atmosférica sostendrá el agua en el tubo. Retirad el dedo, y la presion atmosférica de arriba abajo que antes estaba cortada, equilibrará la presion de abajo arriba, con lo que el agua cae por su propio peso, como en el cata vinos o bombilla de bodegas.

395. Qué es atmósfera, y qué presion atmosférica? Cómo está compuesta la atmósfera? 396. Como se demuestra presion atmosférica? Cómo se prueba esta con una


Fig. 178.

3°. Llenad una copa de agua y tapadla con un papel tieso. Poned encima la mano, e invertiendo el vaso retirad con cuidado la mano. El agua sostenida por la presion atmosférica simplemente, no se derramará.

4°. Levantad la parte de arriba, A, de un fuelle ordinario (fig. 179), y la válvula B de la de abajo se abrirá por sí sola. Esto es porque se ha formado un vacío dentro, y la presion atmosférica empuja la válvula por fuera, dando así entrada el aire exterior.

Fig. 179.


Este es el mecanismo por el cual tambien efectuamos nuestra respiracion. Las celdas de los pulmones se dilatan por la accion muscular, formando por este medio un vacío, que la presion atmosférica se apresura a llenar por la boca y narices. En pocos segundos se vuelven a contraer los músculos, y el mismo aire cargado de las impurezas de nuestra sangre, es otra vez arrojado fuera.

397. Hai tambien un juguete de niños llamado el chupon, que demuestra el efecto de la presion atmosférica. Este es un pedazo de cuero circular con un hilo en el medio. Estando bien mojado para que se adapte a la piedra u objeto que se va a levantar, se tira suavemente del hilo hasta formar un vacío entre el cuero y la piedra; y como aquí la presion atmosférica de arriba no está balanceada por la de abajo, actua con tal fuerza, que una piedra de gran peso puede ser suspendida con facilidad, como se denota en la fig. 180.

Fig. 180.


Cuando las moscas se pasean por el techo, sus pies hacen las veces de chupones; pues tienen un vacío en ellos, que los sostiene de esta manera. Por esto es tambien que si se perfora un barril, el liquido no sale hasta que no se le haga otra abertura o venteo mas arriba que contrareste la presion atmosférica.

398. El barómetro.—Dáse el nombre de *barómetros* a unos instrumentos que sirven para medir la presion atmosférica.

399. *Experimento de Torricelli.*—El orígen e historia del barómetro es como sigue: El duque de Toscana habia construido un profundo pozo, y no habiendo podido levantar agua a mas de 32 pies con una bomba ordinaria, ocurrió a Galileo por una esplicacion y remedio de la dificultad; mas el estado de la ciencia entonces no ofrecia aun a tan ilustre ingenio medio alguno de resolver el problema. Poco antes de morir recomendó a su distinguido

jeringa? Cómo con el tubo invertido? Cómo con la copa invertida? Cómo con el fuelle? Cómo se efectua la respiracion humana? 397. Cómo se demuestra la presion atmosférica con el chupon? 398. Qué son los barómetros? 399. Dad la historia de su

discípulo, Torricelli, investigara el asnnto. Sospecbando éste que talvez la presion atmosférica tuviera algo que hacer en el hecho de elevar y sostener el agua, procedió a bacer experimentos en nna columna de mercurio. Como este es 14 veces mas pesado que el agua, se dijo, si la presion atmosférica pnede soportar nna columna de agua de 32 pies de altura, sostendria solo una columna de mercurio a un $^1/_{14}$ de aquella altura, o sea 28 pulgadas. Para la realizacion de sn idea, Torricelli tomó un tubo de vidrio de 3 pies de largo y cerrado por un extremo; y habiéndolo llenado de mercurio y tapado con un dedo el otro extremo abierto, invirtió el tubo poniéndolo dentro de nua cubeta con mercurio, como se advierte en la fig. 181. Hecho esto, retiró el dedo y el mercurio cayó, posándose, como él lo snponia, a la altura de 28 pulgadas, y dejando un vacío eu la parte superior del tubo, que hasta ahora se conoce con el nombre de *vacío de Torricelli.*

Fig. 181.

400. *Experimento de Pascal.*—Torricelli no vivió para ver confirmado y aceptado del todo su descubrimiento, que despertó, con todo, nn intenso interes y sensacion en todo el mnndo cientifico.

Su teoría del becho fué generalmente condenada; pero afortunadamente existia entonces el gran génio de Pascal, quien apercibiéndose de su verdad, se determinó a comprobarla y seguirla en sus resultados. "Si es realmente, razonó, el peso de la atmósfera bajo la cual vivimos lo qne sostiene la columna de mercurio en el tnbo de Torricelli, ballarémos qne trasportándolo a los mas altos puntos de la atmósfera, y en proporcion quo dejamos mas y mas abajo el aire, habrá una correspondiente disminucion de la colnmna de mercurio sostenida por el aire." En efecto, Pascal hizo llevar el Tubo do Torricelli a nna alta montaña de la Auvernia, llamada Puy-de-Dome; y encontró que la columna disminuia en altura a medida que la elevacion aumentaba. Repitió el experimento en Ruen en 1646 con un tubo de agua, y observó quo la columna era sostenida a una altura de cerca de 34 pies, o 13.5 veces mayor que la altura de la columna de mercurio; y como el agua es 13.5 menos densa que este liquido, estaba claro quo el peso de la columna do agua era igual a la del mercurio en el experimento de Torricelli. El hecho quedó así establecido y admitido como uno de los mas grandes descubrimientos en las ciencias fisicas.

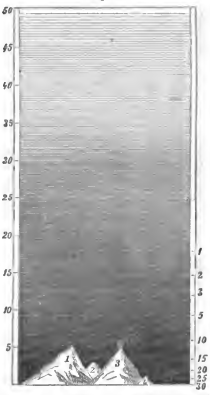
401. Densidad del aire.—Las partes mas bajas de la atmósfera son las mas densas, porque una mayor cantidad de aire pesa sobre ellas. En el nivel del mar, la presion de la atmósfera es de 15 libras sobre cada pulgada cuadrada de la superficie. El cuerpo de un hombre de tamaño regular presenta una superficie de cosa de 2,000 pulgadas cuadradas; y está por esto sujeto a la enorme presion de 30,000

invencion. En qué principio se fundó Torricelli para descubrirlo? 400. Cómo confirmó y desarrolló Pascal la teoría de Torricelli? 401. Cuál es la densidad del aire en

libras. Nosotros no la sentimos, porque está contrapesada por el aire que existe en nuestros cuerpos.

402. Cuanto mas arriba del nivel del mar ascendamos, tanto menor es la presion de la atmósfera y mas raro es el aire. Los que viven en montañas mui elevadas sienten penosamente los efectos de la raridad del aire. Disminuyendo la presion del aire externo, se extiende el que está dentro del cuerpo, y revienta a veces los vasos mas delicados de la sangre, haciéndola salir por boca y narices. Se refiere que los indios que habitan partes mui encumbradas de los Andes, padecen una enfermedad llamada la *veta*, causada por la rareza del aire. La cabeza duele extremadamente, las venas se hinchan, se sufre frio en los extremos, y la respiracion se hace mui dificultosa.

Fig. 182.



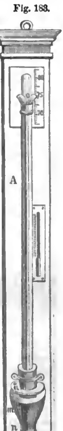
El sombreado de la fig. 182 manifiesta el aumento gradual de la densidad del aire, a medida que se acerca a la superficie de la tierra. Los números en el márgen izquierdo señalan la altura de la atmósfera en millas, y los de la derecha la altura correspondiente en pulgadas del mercurio en el barómetro. En la cumbre de la montaña Mitchell, en la Carolina del Norte, Estados Unidos, y a una altura de poco mas de una milla, el mercurio marca 24 pulgadas; y en los mas altos picos del Himalaya y los Andes, a cosa de cinco millas de alto, viene a estar a 12 pulgadas solamente.

El profesor Silliman da la siguiente tabla de las alturas comparativas del mercurio en el barómetro a diferentes elevaciones:

el nivel del mar? Cuál es la presion que ejerce sobre el cuerpo humano? 402. Qué

En el nivel del mar el mercurio está a				31	pulgadas.
5,000 pies mas arriba	"	"	"	24.797	"
10,000 " (altura del Etna)	"	"	"	15,000	"
15,000 " (altura del Mta. Blanco)	"	"	"	16.941	"
3 millas		"	"	15.000	"
6 " (la mas alta montaña)		"	"	7.500	"
9 "		"	"	3.750	"
15 "		"	"	1.875	"

Fig. 183.



403. Diferentes especies de barómetros.—Se conoce tres especies de barómetros: el barómetro de cubeta, el de sifon y y el de cuadrante. A estos se puede todavía añadir el barómetro sin mercurio de M. Bourdon.

404. El *barómetro de cubeta* (fig. 183) no es mas que el tubo de Torricelli mas perfeccionado; es decir, un tubo de vidrio, A, lleno de mercurio y sumergido en una cubeta con el mismo líquido. A fin de hacerlo mas portátil y menos sensible a las variaciones de nivel, se ha dividido la cubeta en dos compartimientos, *m*, *n*, unidos solo por un estrecho cuello, por el cual pasa el tubo a la parte de abajo, donde entra ajustadamente, aunque sin tocar las paredes; dejando solo un espacio pequeño, para que la capilaridad impida al mercurio salir de esta parte de la cubeta, cuando inclinamos el barómetro. En la division superior está soldado el tubo, y tiene un agujerito, *a*, por el que se comunica con la atmósfera. El todo se pone en un estuche de madera, en el que hai una escala graduada, comenzando por 0 en el nivel de la cubeta.

Este barómetro, con todo, no es mui preciso; porque el nivel del mercurio en la cubeta varia a medida que asciende o desciende el mercurio, pasando entónces una cierta cantidad de mercurio de la cubeta al tubo, o viceversa, segun que la presion aumenta o disminuye. El cero en la escala no corresponderia de este modo al nivel del mercurio en la cubeta.

405. Para remediar este inconveniente, M. Fortin ha hecho el fondo o parte inferior de la cubeta de piel de gamuza, la que puede subirse o bajarse por medio de un tornillo, logrando dos ventajas: mantener el nivel en la cubeta, y hacer mas portátil el instrumento. A este último efecto, basta levantar el fondo hasta que el mercurio llene

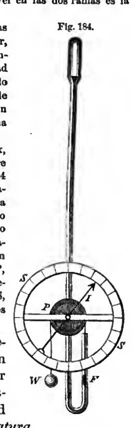
efectos produce la raredad del aire en las alturas? Demostrad la altura del barómetro a distintas elevaciones. 403. Cuántas especies hai de barómetros? 404. Explicad el

tubo y cubeta, con lo que se puede dar al instrumento toda posicion, sin miedo de que se rompa el tubo al choque del mercurio. Tal es, en resúmen, el *barómetro de Fortin*.

306. El *barómetro de sifon* consiste en un tubo de vidrio encorvado en dos ramas desiguales. La mayor está cerrada en su extremidad superior y llena de mercurio, como en el barómetro de cubeta, haciendo veces de cubeta la menor, que se halla abierta. La diferencia de nivel en las dos ramas es la altura del barómetro.

Gay-Lussac modificó este barómetro, uniendo las dos ramas en su parte inferior por un tubo capilar, a fin de evitar que al invertir el instrumento se introduzca el aire; pues en virtud de la capilaridad estará siempre lleno. M. Bunten lo ha mejorado mas todavía, haciendo que el tubo capilar, en vez de estar soldado con la rama mayor, lo esté con un tubo de gran diámetro, en el cual penetra esta rama en forma de punta afilada.

Fig. 184.



407. El *barómetro de cuadrante*, debido a Hook, es un barómetro de sifon que tiene por objeto sobre todo indicar el buen o el mal tiempo. En la fig. 184 tenemos un diseño de este instrumento. Un flotador, F, está sostenido por el mercurio de la rama menor del tubo, y atado a él hai un hilo arrollado en la polea P y sosteniendo del otro extremo un peso o bola W. Cuando el mercurio cae en la rama mayor del tubo, tiene que levantar en la menor, y con él el flotador F. El hilo voltea entonces la polea P, y esta mueve el indicador o puntero I, quo está arreglado de modo que atraviese la escala graduada S S, sobre la que estan marcados los diferentes estados del tiempo.

408. *Correcciones.*—A fin de obtener la verdadera altura del mercurio en el barómetro, debemos determinar por cálculo el error causado por la *capilaridad*, y por la variacion de densidad resultante de los *cambios de la temperatura*.

Cuando el tubo del barómetro es del diámetro capilar, el mercurio contenido en él se hace convexo (§ 338), causando una depresion tanto mayor cuanto mas capilar es el tubo. Este error se corrige por medio de tablas especiales que indican las depresiones del mercurio, segun el diámetro del tubo.

---

barómetro de cubeta. Por qué no es perfecto? 405. Cuál es el barómetro de Fortin? 406. Cómo está construido el barómetro de sifon? Cómo lo mejoró Gay-Lussac? 407. En qué consiste el barómetro de cuadrante? 408. Qué correcciones hai que ha-

Por otra parte, el calor da expansion al mercurio, y disminuye en consecuencia su densidad, y bajo una misma presion atmosférica el mercurio se elevaria, conforme que la temperatura fuere tambien mas o menos elevada. Es preciso adoptar entonces un grado de temperatura uniforme, que se ha convenido sea aquel en que se derrite el hielo. Tambien hai tablas para mostrar la expansion y contraccion del mercurio en diferentes temperaturas.

Fig. 185.



409. *Barómetro metálico.*—Un físico, M. Vidi, inventó un barómetro aneroide, sin mercurio, y que tiene la ventaja sobre todos los otros de ser de un tamaño cómodo para ser trasportado y nada frágil, al mismo tiempo que da indicaciones bastante correctas. Su construccion y aparato interno eran, con todo, demasiado complicado; y ha sido sostituido casi del todo por otro inventado por M. Bourdon, un mecánico de Paris.

Este instrumento (fig. 185) tiene la forma y proporciones de un reloj de bolsillo; y se compone de un tubo de laton encorvado a la manera del arco de un círculo, fijo solo en el medio a una caja circular. Antes se ha extraido el aire del tubo y cerrádosele herméticamente, de modo que siempre que disminuye la presion atmosférica se desarrolla dicho tubo, comunicando el movimiento a una aguja que marca la presion sobre un cuadrante. En cuanto a la trasmision del movimiento, se efectua por medio de dos alambres, que enlazan las extremidades del tubo con una palanca fija en el eje de la aguja. Si por el contrario aumenta la presion, se cierra por sí mismo el tubo, moviéndose entonces la aguja de izquierda a derecha sobre el cuadrante, merced a un resorte en espiral. El Aneróide es otro barómetro metálico.

La base fundamental de este barómetro es como sigue. Siempre que un tubo de paredes flexibles y ligeramente aplanadas sobre sí mismas se halla arrollado en espiral, en el sentido de su diámetro menor, *cualquiera presion sobre las paredes desarrolla el tubo, y al contrario, toda presion exterior la arrolla mas.*

M. Bourdon ha aplicado el mismo principio a la construccion de manómetros para locomotoras y vapores, que son los que estan ahora en mas uso.

410. Manómetros.—Dáse este nombre en general a unos instrumentos destinados a medir la tension de los gases o vapores, cuando esta es superior a la presion atmos-

---

cer en los barómetros? 409. Quién inventó el barómetro metálico y como está constituido? Cuáles son sus ventajas? 410. Qué son manómetros y de cuantas clases

férica. Hai manómetros de aire libre, de aire comprimido, y el metálico antes aludido.

La unidad de medida adoptada para este instrumento es la presion de la atmósfera, que en el nivel del mar es, como queda visto, igual a 15 lbs. en la pulgada cuadrada; y por tanto, una presion de dos o tres atmósferas significa la presion de 30 o 45 lbs. Dirémos brevemente que el manómetro de aire libre se compone de un tubo de cristal abierto de ambos cabos y colocado en una cubeta de mercurio, a la que aquel está fijo. Comunicándose con esta cubeta hai otro tubo de hierro, que trasmite al mercurio la presion del gas o vapor. Este tubo se llena de agua, en los manómetros de vapor, para que el calor no ablande el mástic que fija el tubo de cristal a la cubeta. Para graduarlo, se pone el número 1, es decir, una atmósfera, en el punto en que el mercurio se detiene en el tubo de cristal; y así en progresion otros números que señalen las atmósferas, pulgadas, etc.

Pero el manómetro de aire libre marca solo presiones de 5 a 6 atmósferas; y mas allá de este término seria preciso emplear el de aire comprimido, fundado en la lei de Mariotte. Este es un tubo de cristal cerrado en la parte de arriba y lleno de aire seco, que se introduce y fija con mástic a una cubeta parcialmente llena de mercurio. Esta, por medio de un tubo lateral, se pone en comunicacion con una vasija cerrada, que contiene el gas o vapor cuya fuerza elástica se trata de medir.

411. *Variaciones de la altura barométrica.*—Llámase *altura* del barómetro la diferencia de nivel del mercurio en el tubo y la cubeta. Si se observa el barómetro durante muchos dias, se nota que varía su altura en cada lugar, no solo de un dia a otro, sino tambien en un mismo dia. La suma de estas variaciones va aumentando del ecuador acia los polos. Las mayores variaciones, esceptuando casos extraordinarios, son de 6 milímetros (.2362 pulg.) en el ecuador; 30 m. (1.181 p.) en el trópico de Cáncer; 40 m. (1.5748 p.) en Francia; y 60 m. (2.3622 p.) a 25° de los polos. Las mayores variaciones ocurren en el invierno.

La *altura media diurna* es el número que se obtiene sumando las veinte y cuatro observaciones sucesivas del barómetro, hechas de hora en hora, y dividiendo esta suma por veinte y cuatro. M. Ramond probó experimentalmente, que, a la latitud de Paris, la altura del barómetro a medio dia es sensiblemente la media del dia.

La *altura media mensual* se obtiene sumando las alturas medias diurnas durante un mes, y dividiendo por 30.

---

los hai? Describidlos ligeramente. Cuál es el principio y objeto de su construccion? 411. Qué son variaciones barométricas y como ocurren? Qué es altura media diurna? Qué es altura media mensual? Qué altura media anual y como se determina?

Por último, la *altura media anual* se determina sumando las alturas medias de cada dia durante un año, y dividiendo la suma por 365.

En el ecuador, la altura media anual es 758 m. (29.483 p.); va aumentando de allí hasta llegar al máximum de 763 (30.04 p.) entre las latitudes de 30° y 40°; y decrece en las latitudes elevadas. La altura media mensual es mayor en el invierno que en el verano, por el enfriamiento y consiguiente aumento de densidad en la atmósfera.

412. Distinguese en el barómetro dos especies de variaciones, que son: 1°. las *variaciones accidentales*, que no ofrecen regularidad alguna en su marcha, y que dependen de las estaciones, de la direccion de los vientos y de la posicion geográfica, etc.; 2°. las *variaciones diurnas*, que se producen periodicamente a ciertas horas del dia.

En el ecuador y en las regiones intertropicales no se conoce la primera clase de dichas variaciones, esto es, la que depende de causas accidentales; pero las diurnas se repiten con una regularidad tal, que hasta cierto punto pudiera servir de reloj el barómetro, como lo observó Humboldt. A contar de medio dia baja este hasta las cuatro, que es la hora del mínimum, y luego vuelve a subir hasta las diez de la noche, en que llega a su máximum. Por último, baja de nuevo, siendo el mínimum a las cuatro de la madrugada, y el segundo máximum a las diez de la mañana.

En las zonas templadas hai tambien variaciones diurnas, pero se comprueban con mas dificultad que en el ecuador, porque se confunden con las accidentales. Las horas de maxima y de mínima de las variaciones diurnas son, al parecer, las mismas en todos los climas, sea cual fuere la latitud, variando solo algun tanto con las estaciones.

413. *Relacion entre las variaciones barométricas y el estado del cielo.*—Se supone generalmente que las variaciones del barómetro que no son periódicas, indican cambios en el tiempo; porque se ha notado que en el buen tiempo no pasa de 758; baja del mismo punto en las épocas de viento, de lluvia, de nieve o de tempestad; y por fin, cuando marca 758 (29.72 p.), por término medio, hai tantos dias de buen tiempo como de lluvia. En vista de esta coincidencia entre la altura del barómetro y el estado del cielo, se han marcado en el barómetro las siguientes indicaciones, contando de 9 en 9 milímetros, encima y debajo de 758.

Altura.	Estado de la atmósfera.	Altura.	Estado de la atmósfera.
731	tempestad.	767	buen tiempo.
740	gran lluvia.	776	buen tiempo fijo.
749	lluvia o viento.	785	mui seco.
758	variable.		

Qué progresion sigue del ecuador a los polos? 412. Cuántas clases de variaciones ofrece el barómetro? En qué proporcion se notan en los trópicos y regiones templa-

Sin dejar de consultar el barómetro como un instrumento propio para anunciar los cambios o mudanzas de tiempo, no se pierda de vista que en realidad solo mide el peso del aire, subiendo o bajando, segun aumente o disminuya el peso de este. Ahora bien, aun cuando las mas de las veces coinciden estos cambios de tiempos con las variaciones de presion, no por eso debe suponerse que unos y otros esten invariablemente relacionados. Depende esta coincidencia de condiciones meteorológicas peculiares de cada clima, y no deja de tener sus escepciones.

414. *Reglas para saber los cambios de tiempo.*—El barómetro señala las mudanzas de tiempo no por la altura actual de la columna de mercurio, sino por las variaciones de altura. Las siguientes reglas pueden considerarse, hasta cierto grado, como seguras:

1°. Si despues de mucho tiempo de sequedad, el mercurio baja constantemente, vendrá lluvia, aunque no sea hasta despues de algunos dias. Cuanto mas tarde en venir, mas durará.

2°. Si despues de mucha lluvia, el mercurio, que ántes estaba en su altura media, sube sin interrupcion, es señal de buen tiempo, aunque este no venga por muchos dias. Cuanto mas tarde en llegar, mas durará.

3°. Una caida repentina en el barómetro, durante la primavera u otoño, indica vientos; en un verano caloroso, tempestad con truenos; en invierno, mudanza de viento, y lluvia o nieve, conforme a la temperatura.

4°. Cambios súbitos en el barómetro señalan cambios violentos en el tiempo, aunque de poca permanencia.

5°. Una alza del azogue en el otoño, en seguida de un tiempo húmedo y ventoso, indica la aproximacion del frio.

415. Medida de alturas con el barómetro.—Desde que varía el nivel del mercurio en el barómetro, a medida que nos elevamos de la tierra, se ve que es posible determinar por medio de observaciones barométricas la altura de una montaña, o de cualquiera otro lugar encima o debajo del nivel del mar. Si la atmósfera tuviera una densidad uniforme, podríamos averiguar por un cálculo sencillo la elevacion a que habia sido llevado el barómetro, por la suma de la caida de la columna mercurial; porque siendo el mercurio 10,466 veces mas pesado que el aire, una caida de un milímetro (0.3937 pul.) en la columna barométrica,

das? 413. Es el barómetro un buen indicador del tiempo? 414. Qué reglas hai para saber el tiempo por el barométro? 415. Cómo se mide alturas por medio del baró-

indicaria que la columna de aire habia disminuido 10,466 m. (412.054 pul.), y por consecuencia la altura mediria 10,466 m. Pero como la presion atmosférica disminuye rapidamente en densidad en nuestra marcha de ascenso, tales cálculos no poseen valor alguno sino es en pequeñas elevaciones; y se hace por tanto necesario apreciar el grado de disminucion en densidad del aire, a proporcion que nos encumbramos del nivel de la tierra. Para esto hai fórmulas que permiten, en cada latitud dada, calcular en un instante la altura real por medio de observaciones barométricas. Tambien existen tablas para calcular el nivel entre dos lugares, cuando conocemos la altura del barómetro y la temperatura de la atmósfera en cada sitio.

Efectos del calor en el aire.

416. El calor enrarece el aire.

Echad un papel ardiendo en un vaso de cristal, y antes qne se apague la llama, poned la mano eucima. Notareis luego que el vaso se adhiere a la mano; porque el calor ha enrarecido el aire por dentro, y expelídolo casi antes de taparlo con la mano. La presion del aire externo, no estando contrabalanzeada por otra presion de adentro, uue la mano al vaso.

417. Este es el principio aplicado a las ventosas. Cuando se ha hecho una incision en la cútis del cuerpo humano, se invierte sobre ella un vaso cuyas paredes han sido empapadas con alcohol, que despues se hace arder. La presion del aire en el cuerpo, no equilibrada por otra presion de afuera, causa que vierta la sangre en el vaso.

418. Siendo el aire caliente mas liviano que el que se encuentra a su rededor, asciende a una region de la atmósfera mas elevada y tan rara como el mismo.

Esta es la razon porque asciende el humo. Por esto tambien, cuando se enciende fuego en una estufa cerrada o abierta, se forma una corriente de aire por la chimenea. Todo el aire al rededor del fuego, se enrarece y sube; con lo que se forma allí un vacío por el momento. Mas pronto el aire frio viene a reemplazar el cálido, y este a su vez se levanta, ocasionando así una corriente continua de aire caliente por el cañon de la chimenea.

Para representar el ascenso del aire caliente, tomad un pedazo de papel circular, como el de la fig. 186; y comenzando en un punto cualquiera de sus

---

metro? Qué hai que consultar para obtener un resultado verdadero? 416. Probad como el calor enrarece el aire. 417. Qué aplicacion se hace de este principio en la medicina? 418. Por qué tiende el calor a elevarse? Qué consecuencias se deduce de

bordes, que sea A, cortadlo en la direccion marcada por puntitos. Sostenedlo entonces por el centro en la punta de un alambre, y colgará en la forma de los hilos de un tirabuzon. Si se le pone en seguida sobre una estufa encendida, dará vueltas rapidamente por las corrientes acia arriba de aire enrarecido.

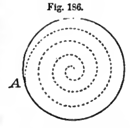


Fig. 186.

419. Globos areostáticos.—Los *globos areostáticos* son globos de tela ligera e impermeable que, llenos de aire caliente o de gas hidrógeno, se elevan en la atmósfera en virtud de su ligereza relativa.

Los hermanos Estévan y José Montgofier, fabricantes de papel en Annonay, Francia, elevaron el primer globo el 5 de junio de 1785. Este estaba hecho de tela forrada con papel, y abierto en su parte inferior, teniendo debajo un fuego de papel, lana y paja mojada, para llenarlo con aire caliente. Black, profesor de física en Edinburgo, habia expuesto en 1767 que una vejiga llena de hidrógeno se elevaba naturalmente en la atmósfera, y Cavallo en 1782 comunicó a la Sociedad Real de Londres un hecho parecido que ocurria con las burbujas de jabon llenas de hidrógeno; pero el experimento de los Montgofier fué ejecutado independientemente de estos antecedentes, y a ellos pertenece con toda propiedad el honor del descubrimiento.

M. Charles, catedrático de física en Paris, sustituyó el gas hidrógeno al aire caliente; y el 27 de agosto de 1783 se hizo el ensayo con un globo henchido de gas. En el mismo año Pilatre de Rozier y otro hicieron el primer viaje aéreo en un globo de aire caliente; y solo diez dias despues MM. Charles y Robert repitieron el ascenso en un globo lleno de gas hidrógeno. De entonces acá se han hecho comunes estas ascensiones, siendo la mas notable la emprendida por el distinguido físico Gay-Lussac en 1804, a causa de los grandes resultados obtenidos para las ciencias. Elevóse este sabio a la altura de 23,000 pies; y halló que en aquellas elevadas regiones la respiracion era mui acelerada y la sangre circulaba rapidamente, por razon de la rareza de la atmósfera; su corazon dando 120 pulsaciones por minuto en vez de 66 en su estado normal.

420. El globo se hace de un material impermeable al gas hidrógeno, generalmente de largas tiras fusiformes de tafetan, cosidas entre sí y barnizadas. En el vértice tiene una válvula cerrada, pero que con un resorte y una cuerda se puede abrir a voluntad del areonauta. Una ligera barquilla de mimbres capaz de contener muchas personas, pende debajo del globo sostenida por una red de cuerda que lo envuelve completamente (fig. 46). Hoi

---

esto? Cómo se representa esta tendencia ascendente del calor? 419. Qué son globos areostáticos? Quiénes lo inventaron? Quiénes elevaron los primeros globos con hidrógeno? Quiénes hicieron las primeras ascenciones areostáticas? 420. Cómo se fabrican los globos areostáticos? Por qué se prefiere el hidrógeno al aire caliente en

se hace uso totalmente del gas hidrógeno para henchirlo, por ser de una ligereza tres veces mayor que el aire caliente. Aunqne esté mal preparado este gas, nunca tiene mas que una sesta parte del peso del aire. Un globo de 60 pies de diámetro y lleno de gas hidrógeno puede levantar hasta 7,000 libras.

421. Hasta ahora no se ha hallado un medio de gobernar la marcha de un globo por el aire, y no puede sin esto emplearseles utilmente. Recientemente se ha formulado una teoría de snpuestas corrientes atmosféricas del oeste a levante, a favor las cuales se espera poder efectuar en un globo un viaje a través del Atlántico, de la América a la Europa. El resultado es problemático todavia.

La bomba de aire.

422. La *bomba de aire o máquina neumática* es un aparato que sirve para hacer el vacío en un espacio dado, o mas rigurosamente para enrarecer el aire, porque no se puede dar el vacío absoluto. El receptáculo o vasija dentro del cual se opera este vacío, se llama la *campana* o *recipiente*, tal como el que se ve en la fig. 187.

Fig. 187.



423. Invencion de la máquina neumática.—La máquina neumática fue inventada por Otto Guericke, burgomaestre de Magdeburgo, en 1654, pocos años despues de la invencion del barómetro.

El primer ensayo de Guericke fué hecho con un barril lleno de agua por recipiente. Habiéndolo cerrado bien, le aplicó la bomba de aire por su parte inferior y comenzó a sacarle el agua. Si hubiera realizado esto y podido mantener fuera el aire, habria sin duda formado un vacio; pero poco despues de dar principio, y así que el aire comenzó a penetrar por las junturas, el barril reventó con gran ruido. Para remediar esta dificultad, Guericke sustituyó un globo metálico por el barril con agua, y esta vez con un buen éxito.

Despucs acá se ha perfeccionado notablemente la primera bomba de aire de Guericke; pero incompleta como era entonces, produjo con ella resultados que no sin razon asombraron a los sábios de su tiempo. Su mas famoso experimento fué el ejecutado en la presencia del Emperador de Alemania y toda su corte. Se trajeron dos hemisferios metálicos de gran porte, de modo que se ajustasen el uno al otro perfectamente. Extrajóse el aire del globo así formado de los dos hemisferios, por medio de una bomba de aire; y cerrán-

---

las ascenciones? 421. Por qné no se pnede nsar el globo como medio de trasporte? 422. Qué es la máquina neumática? Qué es nna campana o recipiente? 423. Quién inventò la máquina neumática? Cuál fué el primer experimento de Guericke?

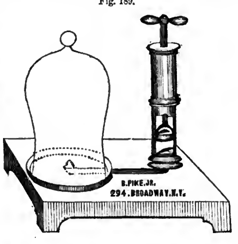
Fig. 188.

dose en seguida una llave, quedó cortado el aire exterior. Entonces se ataron quince caballos a cada uno de los hemisferios, sin que toda su fuerza unida bastara para separarlos— tan firmemente ligados estaban por la presion atmosférica. Abrióse de nuevo la llave, con lo que se introdujo otra vez el aire, y por su propio peso se desunieron.

424. Repítese hoi dia este experimento con frecuencia en una escala menor. En la fig. 188 tenemos representado uno de los *hemisferios de Magdeburgo*, como se les denomina del nombre de la ciudad natal de su inventor. Se les coloca encima del platillo de una máquina neumática a manera de recipientes; y agotandóseles el aire se juntan entre sí de tal modo, que dos hombres no pueden despegarlos.

425. MÁQUINA NEUMÁTICA DE UN ÉMBOLO.— La fig. 189 ofrece el diseño de una máquina neumática de un solo émbolo. A es un recipiente que tiene sus bordes bajos perfectamente planos y ajustados al platillo, llamado técnicamente la *platina*, que está acia el centro de la mesa o banco. En esta platina hai un agujero que se comunica con un canal debajo, que lo pone a su vez en contacto con el cuerpo de bomba.

Fig. 189.



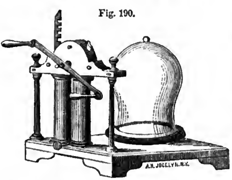
La parte inferior no se muestra en el diseño, a fin de dejar ver su interior. Dentro de este cuerpo de bomba hai un piston o émbolo bien ajustado, con una válvula que se abre para arriba, y un asidero con el que se le hace subir y bajar. En la base de la bomba se encuentra otra válvula, que tambien se mueve para arriba.

426. *Modo de operarla.*—Habiéndose limpiado esmeradamente la plati-

Cómo hizó su descubrimiento mas completo? 424. Qué son los hemisferios de Magdeburgo? 425. En qué consiste la máquina neumática de solo un émbolo? Describidla.

na y untadósela con nn poquito de aceite, se coloca el recipiente sobre ella, y se mueve entónces el piston de arriba abajo. Con esto se forma el vacío en la parte inferior del cilindro, y el aire del recipiente, por efecto de su elasticidad, empuja la válvula de abajo y penetra el cilindro. El piston desciende a su vez, y la presion cierra al instante la válvula inferior, mientras que la resistencia del aire en la bomba abre la válvula del piston. El aire sale por esta, y por el tiempo que el piston ha llegado al fondo, se ha escapado todo. Se levanta otra vez el piston, y se repite la misma operacion; sacándose cada vez del recipiente toda la cantidad de aire que pueda contener el cilindro. Al cabo el aire del recipiente se enrarece de tal modo, que no tiene elasticidad suficiente para abrir la válvula inferior. El vacío está entonces hecho hasta donde es posible.

Fig. 190.



427. MÁQUINA NEUMÁTICA DE DOBLE ÉMBOLO.—La máquina neumática de doble émbolo (fig. 190) está construida como la anterior, solo que por tener dos cilindros y pistones extrae el aire con mas rapidez y doble fuerza. Una seccion de este aparato se ve en el grabado (fig. 191), por la cual se viene pronto en cuenta de su mecanismo y manera de obrar.

Fig. 191.

A y B son los dos cilindros, dentro de los cuales funcionan los émbolos C, D. Cada émbolo tiene una barra dentada, E F, en la que engranan los dientes de la rueda G, que se mueve por un manubrio,

426. Demostrad como se opera la máquina neumática. 427. Cómo está compuesta la

M; de suerte que cuando el piston, C, sube, el otro, D, baja. H I es un canal que comunica los cilindros o cuerpos de bomba con el recipiente J. K es una llave para cortar la comunicacion, cuando sea necesario. L es un tubo que va a terminar de un lado en un vaso de mercurio, y por el otro se abre una via al recipiente o campana de cristal. Este instrumentito se llama la *probeta*, una especie de barómetro, que sirve para medir la fuerza elástica del aire que queda en el recipiente.

428. Experimentos con la máquina neumática.—En el curso de este libro, hemos tenido ocasion de notar el uso de las máquinas neumáticas para varios experimentos (figs. 47, 186). Ahora vamos a exponer otros, que sirven para demostrar principalmente los efectos y propiedades del aire.

429. La máquina neumática sirve en primer lugar para demostrar, que el aire, por el oxígeno que contiene, es necesario para el sosten de la combustion y de la vida. En efecto, si se coloca debajo del recipiente un cuerpo inflamado, una vela, por ejemplo, se ve que palidece la llama a medida que se hace el vacío. Los mamíferos y las aves perecen en él mui pronto; los peces y los reptiles resisten mucho mas tiempo la privacion del aire; y en cuanto a los insectos, pueden permanecer dias enteros en el vacío sin morir.

En el vacío se conservan las sustancias fermentescibles sin alteracion durante un tiempo mui largo, por no encontrarse en contacto con el oxígeno que es necesario para la fermentacion. Varios alimentos conservados en cajas herméticamente cerradas, en las que se habia hecho el vacío, se encontraron al cabo de muchos años tan frescos como el primer dia.

Fig. 192.

430. La figura 192 representa un experimento que comprueba el efecto de la presion atmosférica en el cuerpo humano. El recipiente está aquí abierto por sus dos extremidades, con el objeto de que en la superior se aplique bien la mano, mientras que por la otra se hace el vacío. Entonces, como ya no se equilibra la presion en las dos caras de la mano, se ve esta mui comprimida contra los bordes del recipiente, de suerte que requiere un grande esfuerzo para retirarla. Ademas, no hallándose equilibrada la elasticidad de los flúidos que contienen los órganos por el peso de la atmósfera, se hincha

---

máquina neumática? Qué se llama la probeta? 428. Para qué sirven las máquinas neumáticas? 429. Qué se demuestra primero con ellas? Qué efectos produce la ausencia de aire en la vida animal y vegetal? 430. Cómo se prueba la presion atmosfé-

Fig. 193.

la palma de la mano, tendiendo a salir la sangre por los poros.

431. Lo mismo sucede con el *cortador de manzanas* (fig. 193), que es un cilindro con sus bordes superiores aguzados. Se pone encima la manzana, bien ajustada, y se extrae el aire. La presion atmosférica empuja acia abajo la manzana, que al fin cae dentro hecha pedazos.

432. El aparato de la fig. 194 sirve para demostrar la elasticidad del aire. Este es un pequeño globo de cristal con un tapon metálico, por el cual pasa un tubito, a cuya extremidad hai atada una vejiga. Se coloca todo el conjunto bajo un recipiente, al que se extrae el aire. La parte de este flúido contenido en la vejiga, y que pasa por el tubo, se enrarece gradualmente, y la otra que no se comunica con el recipiente permanece en su estado denso. A causa de la presion, la vejiga se arruga y encoge, así que el aire haya sido expelido del recipiente; pero al admitirsele de nuevo, reasume su primitiva forma.

Fig 194.



433. El *rompe-vejigas* es un vaso cilíndrico de vidrio, cuya parte superior está bien tapada con una membrana orgánica o vejiga, como en la fig. 195, y la otra descansa sobre la platina de una máquina neumática. Apenas comienza a hacerse el vacío, cuando la membrana se deprime, por razon de la presion atmosférica no equilibrada de abajo, y al fin se rompe con una fuerte detonacion causada por la súbita entrada del aire. Si en vez de la vejiga se pone un pedazo de goma elástica, será este ensanchado y estirado acia dentro, de suerte que cubre casi todo el interior del vaso.

Fig. 195.

Fig. 196.



434. La *fuente en el vacío* (fig. 196), es otro experimento que comprueba la fuerza expansiva del aire. El recipiente ha de ser aquí mas alto que el ordinario, y rematar en una base metálica, por la que atraviesa un tubo. Este tubo está provisto de una llave y tornillo, por el cual se le ajusta a la platina de la máquina neumática. En el medio del recipiente, y comunicándose con el tubo, hai un surtidor. Dispuesto así el aparato, se le atornilla a la máquina neumática, se le quita el aire, y se cierra la llave. Entonces se le desatornilla de nuevo, se le coloca sobre una vasija de agua, con la que venga en contacto el tubo, y se abre la llave. La pre-

rica en el cuerpo humano? 431. Qué otro aparato hai para demostrar esta presion? 432. Cómo se demuestra la elasticidad del aire en el aparato fig. 193? 433. Explicad

sion de la atmósfera hará saltar el líquido por el surtidor, formando una hermosa fuente en miniatura.

Fig. 197.



Otro modo de efectuar la fuente en el vacío se manifiesta en la fig. 197. Este es un frasco de cristal con un tapon, por el que pasa nn tubo que llega casi al fondo. Se llena de agua hasta mas de la mitad este frasco, y se le pone debajo de un recipiente alto, al cual se extrae tambien el aire. La elasticidad del aire en el frasco, que no está equilibrada por presion alguna externa, hace que el agua salga para arriba a la manera de una fuente.

435. Los *ludiones*, o figuras cartesianas, descritos en otro lugar, pueden convertirse en figuras danzantes en un frasco do agua puesto bajo un recipiente. Quitándose a este el aire con la máquina neumática, desaparece tambien la presion atmosférica, y el aire contenido dentro de las figuras huecas se ensancha y expele parte del líquido. Esto causa una disminucion en su peso específico, con lo que los figurines se elevan a la snperficie. Admitido otra vez el aire al recipiente las figurillas vuelven a snmergirse, porque la presion recobra su imperio y comprime el aire que hai dentro de ella, admitiendo una porcion de líquido.

Fig. 198.

436. La *lluvia de mercurio* es nn experimento (fig. 198) para probar la porosidad de algunos cnerpos, que no poseen perceptiblemente esta propiedad. Sobre un recipiente de ancha boca, D, colocad una copa, A, en cuyo fondo hai un tarugo do roble, B, quo baja como uuas dos pnlgadas. Poned mercnrio en A, y una tasa debajo en C. Haced el vacío en el recipiente D, y el azogue penetrando los poros del roble, por efecto de la presion atmosférica, caerá en la tasa en forma de una lluvia plateada.

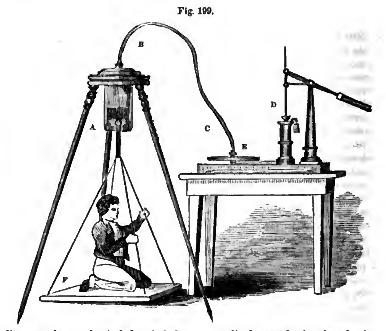
437. El *elevador atmosférico* es otro aparato (fig. 199) para alzar un peso por medio de la presion de la atmósfera. A es un cilindro unido a un fuerte bastidor sostenido en un trípode. Dentro del cilindro hai un piston o émbolo, de cuyo extremo pende un platillo F. Un tubo encorvado, B C, comunica el interior del émbolo con la platina, E, de la máquina neumática, D. Extráigase el aire de A, y la presion atmosférica levantará el piston, y con él el platillo y lo que contenga, toda la altura que dé la longitud del émbolo. Siendo la presion atmosferica de 15 lbs. por pulgada cuadrada, puede hallarse el número de libras que puede levantar, multiplicando su área en pulgadas por 15.

438. Existe un proyecto para trasmitir la correspondencia entre puntos distantes por medio de la presion atmosférica, aplicada conforme al principio del elevador atmosférico. Se propone colocar tubos metálicos perfectamente

---

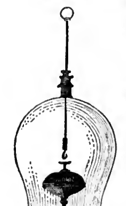
el experimento del rompe-vejigas. 434. Cómo se produce una fuente en el vacío? Dad la razon de ello. De qué otra manera se obtiene igual resultado? 435. Cómo se hace bailar las figuras cartesianas debajo de un recipiente? Cuál es la razon? 436. Qué se demuestra con la prueba de la lluvia mercurial? Cómo se ejecuta este experimento? 437. En qué consiste el elevador atmosférico? Describid este aparato.

Fig. 199.



lisos por dentro, de ciudad a ciudad, y por medio de grandes bombas de aire, operadas a vapor a uno y otro extremo, impeler unos pistones ajustados al tubo, y a los que van atadas las maletas con cartas, etc. La presion atmosférica arrastraria a estas, se cree, a razon de 500 millas por hora, sustituyendo así la necesidad de correos y aun en parte de los telégrafos. Queda por demostrar todavia la practicabilidad de una tan plausible teoría.

Fig. 200.



439. La *campana en el vacío* sirve para probar la necesidad del aire en la produccion del sonido. En el centro de un recipiente (fig. 200) se pone una campanilla, que pueda tocarse con una varilla movediza en su corona. Si se toca la campanilla antes de hacerse el vacío, el sonido es bastante perceptible; pero tocándola despues de hecho el vacío, apenas puede oirse. Fuera posible ejecutar el vacío absoluto, no se oiria en manera alguna.

440. En el vacío puede tambien helarse el agua, como se demuestra con el experimento fig. 201. Póngase el líquido en cápsula metálica ancha y de poco fondo sobre una bacía de vidrio con ácido sulfú-

438. Qué proyecto de comunicacion está basado en el principio del elevador atmosfé-


Fig. 201.

rico concentrado, y el todo se colocará debajo de un recipiente, al cual se extrae el aire. Decreciendo la presion, el agua se convierte en vapor, que a su vez es absorbido por el ácido. Esta evaporacion continuada enfria el agua hasta un tal grado que la hace trasformarse en hielo. Se ha inventado una máquina bajo este principio, por la cual se *fabrica* el hielo en grandes cantidades aun para objetos comerciales.

441. *Experimentos varios.*—El agua comienza a hervir a una temperatura mucho mas baja en el vacío que en el aire. Esto se prueba experimentalmente con la máquina neumática. Así se explica porque el agua tambien hierve a una temperatura mas baja en la cumbre de una montaña que en su base, como lo han observado varios viajeros.

Si se pone cerveza bajo un recipiente sin aire, aquella hace espuma; porque el ácido carbónico que contiene el líquido sube, por su elasticidad, a ocupar el vacío. Una manzana arrugada adquiere su amplitud primitiva, bajo las mismas circunstancias, a causa de la expansibilidad del aire. Trozos de madera, materias vegetales y varias sustancias sólidas, que han sido sometidas a la presion atmosférica en el recipiente, se las ha visto formar globulitos de aire en su superficie, y a veces burbujear debajo del agua; lo que prueba bien claro la porosidad de los sólidos y la presencia del aire en sus poros, que antes hemos asentado.

442. MÁQUINA DE COMPRESION.—La *máquina de compresion* sirve para comprimir o condensar el aire o cualquiera otro gas. Cuando se la emplea para impeler una cantidad de aire en una vasija dada, se la llama tambien *el condensador*, o mas propiamente, la *bomba de compresion*. Esta no se diferencia mucho, en cuanto a la forma, de una máquina neumática de un solo émbolo; solo que el juego de las válvulas, en vez de ser de abajo arriba, se abren de arriba abajo.

Fig. 202.

En la fig. 202 se ve una bomba de compresion. A es la bomba con una válvula de arriba abajo, y P es el émbolo que entra en ella para trabajarla: tambien con una igual válvula. Este cuerpo de bomba se atornilla a la vasija que contenga el aire o gas que se quiere comprimir; y moviendo el asidero de abajo arriba, se forma un vacío tras el piston que asciende, con lo que se abre su válvula

rico? Explicadlo. 439. Qué se demuestra con el experimento de la campana en el vacío? 440. Cómo se congela el agua en el vacío? Mostrad el procedimiento. 441. Qué otros experimentos interesantes se practican en el vacío? Qué efectos produce el agotamiento del aire, bajo el recipiente, en las maderas y otras sustancias vegetales? 442. Para qué sirve la máquina de compresion? Qué es un condensador?

y hace entrar el aire por debajo; al bajar la válvula del émbolo, se cierra por la presion del aire dentro de la bomba. A cada subida del piston se llena de aire la bomba, y con cada bajada lo fuerza dentro de la vasija.

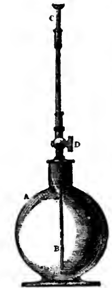
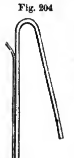


Fig. 203.

443. Con el aparato anexo (fig. 203) y la bomba de compresion se ejecuta un experimento interesante. A es un globo medio lleno de agua y un tubo, B, que casi toca el fondo, y sigue para arriba por el cuello del globo hasta terminar en una rosca, un poquito mas arriba de la llave. Se atornilla a esta rosca la bomba de compresion, y se la trabaja hasta llenar el globo de una buena cantidad de aire condensado. La llave se cierra entonces, y se desatornilla la bomba de compresion, y en su lugar se pone un surtidor, C. Vuelve a abrirse la llave, y la presion del aire condensado, siendo mayor que la de la atmósfera, impele el agua por el surtidor, formando una linda fuente.—Este experimento, algo parecido a la famosa *fuente de Heron*, demuestra la elasticidad o fuerza expansiva del aire condensado.

Máquinas neumáticas e hidráulicas.

444. El sifon.—El *sifon* o *bombilla de viento* es un tubo encorvado de ramas desiguales, que sirve para trasvasar líquidos, introduciendo en estos la rama mas corta.


Fig. 204

El sifon se llena para esto de líquido e invirtiéndolo, se tapa la rama mayor con el dedo y la menor se pone en el líquido que se va a trasvasar. Se retira entonces el dedo y el líquido comienza a salir por la rama mayor. La presion de abajo arriba de la atmósfera está equilibrada por su presion de arriba abajo sobre la superficie del líquido que se va a trasvasar, y el líquido en el tubo fluirá por consiguiente en la direccion del peso mayor. A medida que así fluye, se forma un vacío en el tubo, con lo que impele constantemente el líquido a la rama mas corta. No cesará de fluir el líquido hasta que su altura haya descendido mas abajo de la extremidad de la rama menor.

Otros sifones de la clase del de la fig. 202, tienen un tubo mas, abierto acia arriba y paralelo con el de la rama mayor. Así se evita el trabajo de volver a llenar el sifon cada vez

---

Haced el análisis de una máquina de compresion y como se trabaja. 443. Cómo puede formarse una fuente artificial por medio de la bomba de compresion? Qué se

que se va a usar; pues tapándose la rama larga con el dedo y aspirando con la boca por el orificio del tubo sobreañadido, el líquido atraido por la succion llena las dos ramas.

445. *Sifon de salida constante.*—Conforme a lo dicho, para que una salida por el sifon pueda ser constante, es preciso que las alturas del líquido en las dos ramas no varien; lo que se consigue manteniendo el aparato en equilibrio por medio de un flotador y de un peso, de manera que si baja el nivel en el depósito, descienda con él el sifon.

446. El *sifon intermitente*, como su nombre lo indica, es aquel en el cual la salida no es continua. Se dispone este sifon en una vasija, de manera que la rama mas corta se abra cerca del fondo, mientras que la mayor la atraviesa y se abre por la parte externa (fig. 205). Alimentada la vasija por un chorro constante de agua, sube en ella poco a poco el nivel, y al mismo tiempo en la rama menor hasta el vértice del sifon. Este se llena entonces por efecto de la presion del liquido, y se efectua la salida; pero como se procura que el gasto sea mayor que el del caño que alimenta la vasija, desciende el nivel de esta, con lo cual queda mui pronto en seco la rama pequeña; y se vacia el sifon y se interrumpe la salida. Mas la vasija continúa llenándose por el caño, el nivel vuelve a subir de nuevo; y periodicamente se repite el mismo fenómeno.

Fig. 205.



A veces el sifon está oculto en una pequeña figurita que representa al Tántalo de la fabula, y al tocar el agua sus labios, se llena el sifon y se vacia el tanque o vasija; por lo que se da al aparato el nombre de la *copa de Tántalo.*

447. *Manantiales intermitentes.*—La teoría del sifon intermitente da una explicacion satisfactoria de las fuentes intermitentes naturales que se observan en muchas comarcas. Fuentes de estas hai que dan agua durante muchos dias o muchos meses, secándose por mas o menos tiempo para volver a fluir de nuevo; y otras cesan y recobran su curso muchas veces en una hora. Esplicanse estos fenómenos admitiendo cavidades subterraneas que se llenan de agua con mas o menos lentitud, y que se vacian luego por hendiduras que vienen a formar un sifon intermitente.

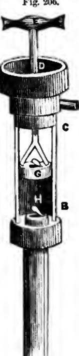
448. Bombas.—Las *bombas* son máquinas que sirven para elevar el agua u otros líquidos mas arriba de su nivel natural. Se las construye de varias maneras, mas en todas ellas se utiliza la presion atmosférica y la presion directa, o ambas combinadas; y de aquí es que se las di-

prueba con ella? 444. En qué consiste el sifon? Cómo está constituido, y bajo que principio opera? Qué otra clase de sifon existe y su ventaja? 445. Cómo se obtiene un sifon de salida constante? 446. Qué es un sifon intermitente? Cómo está construido? Por qué se le llama a veces la copa de Tántalo? 447. Cómo se esplica el origen de los manantiales intermitentes? 448. Qué son las bombas, y de cuantas

vide en *bombas aspirantes*, *impelentes* y *aspirante impelentes.*

449. *Bomba aspirante.*—Atribúyese a Ctesibio, un célebre físico griego que vivió en Alejandria, 250 años antes de Jesucristo, la invencion de esta bomba. Se dice que fué hijo de un barbero, y por sus propios esfuerzos se levantó a una posicion elevada, habiendo descubierto varios aparatos mecánicos que muestran notable ingenio. Con todo, hasta que Galileo demostró lo contrario, se atribuia la ascencion del agua en las bombas aspirantes al *horror de la naturaleza al vacío*, y no a la presion atmosférica.


Fig. 206.



En la fig. 206 se ve una bomba aspirante ordinaria. Consiste de un *cuerpo de bomba* cilíndrico, B C, con un *piston* o *émbolo* ajustado y su vástago, G, en el que hai una válvula que se abre acia arriba. A es el *tubo de aspiracion*, que está sumergido en el líquido que se va a elevar; y sobre el cual se encuentra tambien una válvula que se abre de abajo arriba. E es el manubrio, que frecuentemente se le sustituye por una *palanca;* y F el caño por donde fluye el agua.

Al levantarse el émbolo hace un vacío debajo, y el líquido atraido o *aspirado* por la presion atmosférica sube por el tubo A, abre la válvula H y llena el cuerpo de bomba, B C. El émbolo, entretanto, ha llegado a su mayor altura y desciende otra vez; y su presion hace cerrar la válvula H, de modo que el líquido no retroceda otra vez al tubo de aspiracion. La válvula del émbolo se abre entonces, y el agua sale arriba con fuerza. Cuando el piston ha tocado el fondo de la bomba, vuelve a subir de nuevo, cerrando su válvula por la presion de abajo e impeliendo el líquido al depósito D, de donde fluye por el caño. Mientras tanto el émbolo ha bajado por segunda vez, hace un vacío debajo, y se repite en un todo la misma accion.

450. En esta como las otras bombas, el agua es elevada

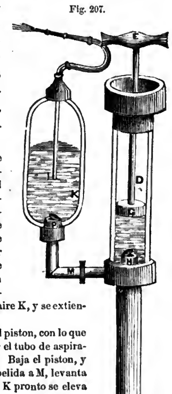
---

clases las hai? 449. Quién inventó la bomba aspirante, y que se dice del inventor? Cómo está montada esta bomba? Haced el análisis de sus operaciones. 450. Cuál es

a la altura del tubo por la presion atmosférica, y como esta no puede soportar una columna de agua de mas de 32 a 34 pies, esta será la elevacion a que solamente puede alcanzar el agua; pero como nunca puede construirse bombas tan perfectas, lo mas que ganamos generalmente con ellas, es cosa de 26 a 28 pies. Mas despues que el agua ha pasado el émbolo, la altura a que pueda elevársela depende solo de la potencia aplicada al mismo; pues es la fuerza ascendente de esta la que eleva propiamente el agua.

451. *Bomba impelente.*—La bomba impelente no arroja el líquido por el caño en su parte superior, despues que lo ha elevado por el tubo de aspiracion, sino que la presion del émbolo descendente lo impele por un conducto a un depósito lateral. El líquido entonces es arrojado directamente o por medio del aire condensado a una altura mayor que la que obtendria de otro modo.

Fig. 207.



La fig. 207 representa una forma de bomba impelente combinada con la aspirante. El cuerpo de bomba, el émbolo y el tubo de aspiracion son iguales a la anteriormente descrita; solo que el émbolo es sólido y no lleva válvula. Cerca del fondo de la bomba viene a unírsele un tubo, M, que se comunica con el depósito de aire, K, por medio de la válvula P que se abre de abajo arriba. El tubo, I, abierto en un extremo, remata por el otro en un surtidor que atraviesa la tapa del depósito de aire K, y se extiende de casi hasta su fondo.

452. Se trabaja esta bomba moviendo el piston, con lo que se hace un vacío; y el agua subiendo por el tubo de aspiracion, abre H, y ocupa el cuerpo de bomba. Baja el piston, y H se cierra. El agua en el émbolo es impelida a M, levanta P y penetra al depósito K. El líquido en K pronto se eleva por el tubo, I, y empieza a condensar el aire en la parte su-

la altura teórica y efectiva a que la bomba aspirante puede elevar el agua? 451. Cómo está compuesta la bomba impelente? En qué difiere de la aspirante? 452. Cuál

perior del depósito. Cuanto mas se levante el agua en K, mas se comprime el aire, acrecentando en proporcion su elasticidad. Su presion llega al fin a ser mucho mayor que la de la atmósfera, y hace saltar el líquido por el surtidor.

453. Se hace preciso en esta especie de bombas, hacer el depósito de aire veinte y tres veces de la capacidad del cuerpo de la bomba, para que suministre un surtidor continuo.

En las bombas puramente impelentes no obra mas que la presion, y no se utiliza el peso de la atmósfera. El émbolo opera directamente sobre el agua, y esta se eleva por la mera presion de aquel; pero la salida se hará por impulsos sucesivos, conforme al movimiento del pistón. Para hacerla continua, es que se le añade el depósito o recámara de aire.

454. Bombas apaga-incendios.—La *bomba de apagar incendios* viene a ser una combinacion de dos bombas impelentes con un depósito de aire comun a ambas. Su construccion se manifiesta en la fig. 208.

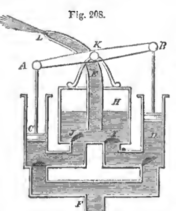


Fig. 208.

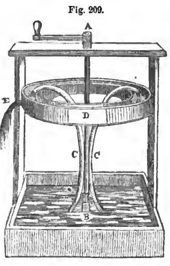
Los pistones, C D, van unidos a la viga de balance, A B, apoyada sobre el eje, K, la que hace subir alternadamente el uno mientras el otro baja. Se les da este movimiento por medio de manubrios a uno y otro lado, sobre los que trabajan un número de hombres. F es el tubo de aspiracion, H el depósito de aire, y E el tubo que sale de él, al cual se amarran las mangueras de cuero, por medio de las cuales puede dirijirse el chorro donde se quiera. Se ve en este diseño, que el piston D va ascendiendo seguido de una corriente de agua del depósito de abajo, y la válvula, I, que abre al depósito de aire está cerrada. El piston C, del otro lado, va descendiendo, su válvula inferior se cierra, y el agua arrojada en el cuerpo de la bomba durante su prévio ascenso, es ahora impelida a H por la válvula J.

455. Estas bombas son capaces de arrojar un chorro de agua a una altura

es el modo de trabajarla? 453. Qué requieren las bombas impelentes para dar un surtidor continuo? 454. Como estan hechas las bombas de apagar incendios? Haced el

de mas de 100 pies de altura. Mientras los pistones llenan de agua el depósito de aire, este es comprimido violentamente, y fuerza el agua acia arriba del mismo modo. Cuando en vez de brazos para trabajarlas, se emplea el vapor, como es hoi mui comun en los Estados Unidos, no se aumenta la fuerza ascendente del chorro; pero absorbe el agua en mas cantidad, de modo que una sola máquina puede suplir de agua dos y mas mangueras a la vez: a mas de que se mueven impelidas por el mismo vapor.

Fig. 209.



456. La bomba centrífuga.—La bomba centrífuga (fig. 209) es una máquina para elevar el agua por la fuerza combinada de la fuerza centrífuga y de la presion atmosférica. Las hai de muchas construcciones, y la del dibujo anexo consiste en un eje vertical, A B, y uno o mas tubos, C C, fijos a él, que se estienden de un lado al agua, y del otro se arquean sobre una artesa circular, D. E es el caño o conducto por donde sale el agua. Cerca de la boca y en el fondo de cada tubo hai una válvula que se abre de abajo arriba.

457. Para trabajar esta bomba, se llena de agua los tubos, la que es retenida en su lugar por las válvulas inferiores. Se da un movimiento de rotacion a los tubos con el manubrio anexo al eje. La fuerza centrífuga actúa sobre el agua dentro de los tubos, haciéndola abrir las válvulas y salir por las bocas de los tubos. Esta al ascender deja un vacío, que es ocupado al instante por el líquido de abajo impulsado por la presion atmosférica. De este modo, una corriente continua está llenando la artesa, mientras dura la mocion rotatoria.—Una gran bomba centrífuga asi construida ha elevado 1,800 galones por minuto a una altura considerable.

458. La bomba de estómago.—La *bomba de estómago* es un instrumento usado en la práctica médica para inyectar y extraer algun líquido del estómago de una persona envenenada, sin necesidad de cambiar de aparato. Por este

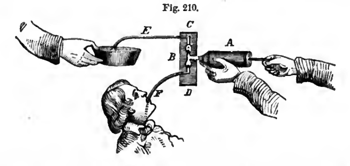
---

análisis de su construccion y manera de trabajarlas. 455. A qué altura elevan el agua estas bombas y las trabajadas por el vapor? 456. En qué consiste la bomba centrífuga? 457. Cómo se la trabaja? 458. Cuál es el uso de la bomba de estómago?

medio se lava el estómago, y se han salvado muchas vidas.

La fig. 210 es una bomba de estómago. Una geringa,

Fig. 210.



A, está atornillada a una caja cilíndrica, B, con la cual se comunica por un corto tubo métalico. Este tubo conduce de ambos lados a una esfera hueca y flexible, que va unida a otro tubo de goma elástica. Cada una de estas esferas tiene una válvula circular movible de metal, que se ajusta a ambos extremos, y puede empleársela para cerrar ambos, levantando solo el lado opuesto del instrumento.

459. Para usar esta bomba, se vuelve la geringa de manera que pueda deprimir C y elevar D; y entónces se introduce el tubo F en el estómago del paciente, y E en una vacía de agua caliente. Las válvulas metálicas caen a la parte mas baja de sus respectivas esferas huecas, lo que las lleva en direccion encontrada a la que se ve en la figura. Tírese ahora del mango de la geringa, con lo que se hace un vacío, y el agua caliente se precipita a llenarlo a impulsos de la presion atmosférica; pues toda comunicacion con F está cortada por la válvula. Una vez cargada así la geringa, se empuja el mango, y el agua no pudiendo retroceder a E a causa de la válvula, es impelida al estómago por F. Sin sacar el tubo del estómago, vuélvase el instrumento de modo que levante el lado C y deprima D, como se advierte en la figura. Las válvulas metálicas vienen a ponerse en las extremidades encontradas de estas esferas, y operando la geringa en esta posicion, se saca lo que contiene el estómago y se arroja a un lado. De esta manera se carga la geringa por el tubo deprimido, y se la vacía por el elevado.

460. El análisis de la máquina de vapor, la mas grande de las máquinas neumáticas, es diferido hasta despues de

---

Cómo esta construida? 459. Cuál es el modo de aplicarla? 460. Qué se dice de la máquina de vapor?

haber explicado la generacion del vapor, una materia que pertenece a la Pironomía.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 392.) Bajo la presion de una atmósfera, una cantidad de oxígeno llena 24 pies cúbicos, y tiene un peso específico de 1.111. ¿Qué espacio ocupará, y cuál será su peso específico, bajo una presion de tres atmósferas?
2. Una cantidad de hidrógeno es comprimida en un espacio de un pié cúbico, con una presion de 20 libras por pulgada cúbica. ¿Con cuánta presion se la podrá reducir a medio pié cúbico, y cómo comparará su densidad con lo que era antes?
3. ¿A qué espacio debe comprimirse 10 pulgadas cúbicas de aire para doblar su fuerza elástica?
4. (*Véase* § 394.) ¿Cuál es el peso de 600 pies cúbicos de aire? Cuál es el peso del mismo volúmen de agua?
5. Una vasija llena de aire pesa 1,061 granos; hecho el vacío, sólo 1,000 grs. ¿Cuántas pulgadas cúbicas contiene?
6. (*Véase* § 401.) ¿Cuál es la presion de arriba abajo sobre el techo de una casa de 115,200 pulgadas cuadradas? Cuál es la presion de abajo arriba sobre el mismo techo?
7. Qué presion atmosférica soporta un muchacho cuyo cuerpo ofreciese una superficie de 1,000 pulgadas cuadradas?
8. (*Véase* § 399.) Cuando el mercurio ha llegado en el barómetro a las 29 pulgadas, ¿a qué altura será sostenida una columna de agua por la atmósfera? (*La gravedad específica del agua es* 1, *la del mercurio* 13.568. *Una columna de agua será sostenida a la altura de* 29×13.568 pulg.)
9. Cuando la atmósfera soporta una columna de agua de 32 pies, ¿a qué altura sostendria una columna de mercurio?
10. (*Véase* fig. 182.) ¿A qué distancia de la superficie de la tierra vendria a hallarse el mercurio a solo dos pulgadas en el barómetro?

CAPÍTULO XIII.

PIRONOMÍA.

461. La *pironomía* trata del calórico, de las aplicaciones de que es susceptible y de los fenómenos que por su medio se desarrollan en los cuerpos.

Naturaleza del calórico.

462. El *calórico* es el agente que causa en nosotros la sensacion de calor; aunque obra tambien sobre los cuerpos inertes, pues funde el hielo, hace hervir el agua y enrojece el hierro.

463. El calórico no es un agente positivo; y cuando decimos *frio*, no afirmamos por eso que hai ausencia de calor, sino solo que hai una mayor o menor falta de él. Todas las sustancias tienen calórico; pero en aquellas que llamamos frias, se encuentra en menor grado.

464. Hai dos clases de calórico: *sensible* y *latente*.

Calórico sensible, es el de una temperatura en la cual nuestros sentidos pueden señalar su presencia o ausencia; y latente u oculto, es aquel calórico de tal modo combinado con la materia que lo contiene, que no puede percebirse sensiblemente su presencia. El fuego es un ejemplo del primero, y el hielo lo es del último.

465. La *temperatura* de un cuerpo, es el estado actual de su calórico sensible, sin aumento ni disminucion. Si la cantidad de calor sensible aumenta o disminuye, se dice que sube o baja la temperatura.

La imperfeccion de nuestros sentidos no nos permite conocer con exactitud la temperatura de los cuerpos por las sensaciones mas o menos vivas de

---

461. Cuál es el objeto de la Pironomia? 462. Qué es el calórico? 463. Es el calórico un agente positivo o negativo? 464. Cuántas clases hai de calórico? Qué es calórico sensible, y cual latente? 465. Qué se llama la temperatura de un cuerpo?

calor o de frio que en nosotros causan, y por lo tanto ha habido que recurrir a los efectos físicos que produce el calórico en los cuerpos. Pero como son mui variados estos efectos, se ha dado la preferencia a las dilataciones y las contracciones, porque son las mas fáciles de observar. De aquí ha venido el uso del *termómetro* para medir la temperatura, que mas tarde describirémos.

Cualquiera puede verificar la falacia de nuestros sentidos, tocando una barra y una tela o paño que se encuentran en una pieza de igual temperatura; el primero nos parecerá frio y el otro nó. La diferencia está, con todo, en que el hierro conduce el frio mas rápidamente que el paño al punto de contacto.

466. No conocemos precisamente la naturaleza del calórico.

Muchísimas son las opiniones emitidas acerca de la causa del calor; pero dos son las únicas que reinan aun hoi dia en la Física: *el sistema de la emision* y *el de las ondulaciones.*

En el primero se admite que la causa del calor es un flúido material e imponderable, que puede pasar de un punto a otro, y cuyas moléculas se hallan en un estado continuo de repulsion. Este flúido existiria en todos los cuerpos en estado de combinacion con las partículas, oponiéndose a su contacto inmediato.

En el sistema de las ondulaciones, se supone que depende el calor de un movimiento vibratorio de las moléculas de los cuerpos calientes, movimiento que se trasmite a las moléculas de los demas cuerpos por el intermedio de un flúido eminentemente sutil y elástico, llamado *éter*, y en el cual se propaga a la manera que las ondas sonoras en el aire. Los cuerpos mas calientes son, en tal caso, aquellos cuyas vibraciones tienen mayor amplitud y mayor rapidez, de suerte que la intensidad del calor no vendria a ser otra cosa mas que la resultante de las vibraciones de las moléculas. En la primera hipótesis pierden calórico las moléculas de los cuerpos que se enfrian, y en el segundo solo pierden movimiento.

La teoría de las ondulaciones parece la única admisible, atendidos los progresos de la física moderna; pero con todo, como la de la emision simplifica las demostraciones, se la prefiere en general para la esplicacion de los fenómenos del calor.

467. El calórico no tiene peso.

Pesad en una balanza de precision un pedazo de hierro enrojecido, y tambien despues que se ha enfriado: no habrá diferencia alguna en el peso. El calor debe ser entonces imponderable, o una pérdida tan considerable de él se haria notar. El mismo resultado se obtiene fundiendo un pedazo de hielo, pues se hallará un mismo peso para el líquido como el sólido.

Son nuestros sentidos un buen criterio del frio y calor de los cuerpos? 466. Cuál es la naturaleza del calor? Cuáles son las sistemas mas probables sobre la naturaleza del calórico? Cuál es la teoría de la emision? Cuál de las ondulaciones? Cuál de ellas es mas admisible? 467. Tiene peso el calórico? 468. A cuántas clases puede redu-

Manantiales de calor.

468. Los principales *manantiales de calor* pueden reducirse a cuatro :—*el sol, la accion química, la accion mecánica y la electricidad.*

Otra clasificacion mas comprensiva, es la que sigue: 1°. *manantiales mecánicos*, como el roce, la presion y la percusion; 2°. *los físicos* del sol, de las estrellas fijas y la electricidad atmósferica; 3°. *los químicos*, o resultantes de combinaciones, como la combustion; y 4°. *los fisiológicos*, o de la vida animal.

469. El sol, como manantial del calor.—El sol es el manantial mas productivo de calor, como lo es de luz, para la tierra.

De qne se componga el sol, para que haya estado dando por siglos un calor perpetuo, es cosa en que los astrónomos no pneden convenir. Unos creen que es una inmensa masa encandecida hasta un grado que llega a hacerlo luminoso. Segun otros, la masa principal del sol no es luminosa, sino que está rodeada su superficie de llamas que emiten constantemente la luz y el calor. En ambos casos, seria difícil esplicar como ha podido durar tanto la combnstion, sin disminuir el material que la alimenta.

470. Se supone que el calor de la superficie del sol sea mas intenso que ninguno otro que conozcamos; y cuando llega a la tierra, despues de haber sido modificado por la inmensa distancia que ha tenido que atravesar, basta solo para calentarla y darle fertilidad. Se ha calculado que la tierra solo recibe $^1/_{2381000000}$ del calor emitido por dicho astro.

El sol no imparte igual calor a todas las partes del globo, porque sus rayos hieren a unas perpendicularmente y a otras oblicuamente. Los rayos perpendiculares son absorbidos mas que los otros, y producen, por tanto, un grado mas alto de calor donde quiera que caigan. Por esto tambien hace mas calor a mediodia, cuando el sol cae directamente sobre nuestra cabeza.

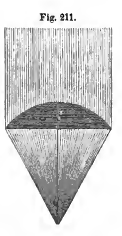
La variedad de producciones en las diversas partes del mundo, es debida así mismo a la desigualdad con qne estas reciben el calor del sol. Los árboles y las plantas de los trópicos son distintos de los de las regiones templadas; y estos difieren a su vez de los que se producen en los climas frios. En los extremos sur y norte, la vegetacion ha dejado de existir totalmente, a causa del poco calor.

471. El calor del sol puede ser acrecentado concentrando una cantidad de sus rayos en un punto llamado el *foco.*

---

cirse los manantiales de calor? Qué otra clasificacion se hace de ellos? 469. De qué se compone el sol? Qué teorías se han inventado para esplicar su calor perpetno? 470. Qné intensidad de calor contiene el sol por sí, y cual es el que recibe la tierra? Imparte el sol igual calor a toda la tierra? A qné se atribuye la diversidad de pro-

Fig. 211.



Se obtiene esto por medio de vidrios convexos, denominados *lentes*, de la manera que se ve en la fig. 211. Con semejantes lentes de un diámetro de tres pies, se puede aun fundir metales.

Un efecto parecido se consigue empleando espejos convexos, que reflejen los rayos acia uno solo y mismo foco. Cuando los romanos sitiaban a Siracusa (213 A. J.), se dice que Arquímides puso en fuego a muchas de sus naves con espejos metálicos de gran poder de reflexion. El experimento ha sido repetido despues; y Buffon demostró que, con una combinacion de 168 espejos ustorios, podia incendiarse tablas breadas a una distancia de 150 pies, y fundirse la plata a 60 pies.

472. *Calor terrestre.*—El calor del sol, aun él de aquel que cae perpendicularmente, no penetra la tierra mas que a una profundidad de 100 pies. Mas allá de esta, el globo terrestre posee un calor propio que se designa con el nombre de *calor central.*

A una profundidad poco considerable, pero que varía segun los paises, se encuentra una capa cuya temperatura permanece constante en todas las estaciones; de lo cual se deduce que el calor solar no penetra en el suelo mas que hasta una profundidad determinada. Luego, debajo de esta capa, designada la *capa invariable,* se observa que la temperatura aumenta, por término medio, un grado por cada 45 pies de profundidad. En esta escala, el agua herviria a cerca de dos millas debajo; y a 125 millas fundiria toda sustancia conocida. En las minas y en los pozos artesianos, ha sido comprobada a grandes profundidades esta lei del aumento de la temperatura del suelo. Las aguas termales y los volcanes confirman la existencia del calor central.

473. Muchas son las hipótesis que se han ideado para esplicar el calor central; pero la que generalmente admiten los físicos y los geólogos, es la que supone que la tierra fué líquida en un principio por efecto de una alta temperatura, y que por irradiacion se solidificó poco a poco la superficie terrestre hasta formar una corteza sólida, y que aun hoi dia no pasará de 14 a 15 leguas de espesor, encontrándose en un estado líquido la masa central. El enfriamiento no puede menos de verificarse con suma lentitud, por razon

---

ducciones de la tierra? 471. Qué son las lentes y como concentran el calor? Es probable el hecho citado de Arquímides sobre la combustion por medio de lentes? 472. Cuál es el calor central o terrestre? A qué profundidad penetra el calor solar en la tierra? En qué grado aumenta la temperatura debajo de la capa invariable? 473. Cómo se esplica el calor central? Qué grado de calor imparte a la temperatura

de la débil conductibilidad de las capas terrestres. Por igual causa, el calor central solo eleva al parecer $^1/_{30}$ de grado la temperatura del globo.

474. Manantiales químicos del calor.—Cuando combinamos dos o mas sustancias, y producimos otra totalmente diferente de ambas, decimos que se ha producido una *accion química*. Si mezclamos, por ejemplo, iguales cantidades de ácido sulfúrico y agua, habrá accion química, formándose una sustancia distinta. Acompaña generalmente a las acciones químicas un desprendimiento mas o menos abundante de calor. Este es insensible si la combinacion se ejecuta lentamente, como cuando se oxida el hierro en el aire; pero es mui intenso, si se produce con rapidez, mediando entonces combustion.

475. *Combustion.*—Una de las formas mas comunes en que se ofrece la accion química es la combustion, el manantial mas activo de calor artificial, como el sol lo es del natural.

Dáse el nombre de *combustion* a toda combinacion química que se efectúa con desprendimiento de calor y de luz. En las combustiones que nos presentan las hornillas, lámparas, bugías, etc., se combinan con el oxígeno del aire el carbono y el hidrógeno de la leña, del aceite y de la cera; pero ademas hai combustiones en que para nada entra el oxígeno. Por ejemplo, si en un frasco de cloro se proyecta antimonio mui dividido o fragmentos de fósforo, se unen estos cuerpos con el cloro con un vivo desprendimiento de luz y de calor.

Muchos combustibles arden con llama. Una *llama* es simplemente un gas o un vapor que ha adquirido una alta temperatura por efecto de la combustion. Su poder iluminante varia con los productos que se forman durante la combustion. La presencia de un cuerpo sólido en una llama aumenta la facultad iluminante. Las llamas de hidrógeno, de óxido de carbono y de alcohol son pálidas, porque no contienen mas que productos gaseosos; pero las de las velas, velones y gas del alumbrado, poseen un gran poder iluminante por contener un exceso de carbono, el cual, esperimentando solamente una combustion incompleta, se vuelve incandescente en la llama. Se da una intensidad mucho mayor a una llama colocando en ella hilos de platino o de amianto. Obsérvese que la temperatura de una llama no está en relacion con su poder iluminante; pues la de hidrógeno, que es la mas pálida, es la que mas calor produce.

476. Se ha tratado de investigar el calor que emiten los diferentes cuer-

---

del globo? 474. Qué es una accion química? 475. Qué calor produce la combustion? Qué se llama combustion? De qué resulta la llama? De qué proviene el poder iluminante de la llama? Qué relacion hai entre la temperatura y la iluminacion?

pos durante la combustion por medio de un instrumento llamado el *calorímetro*. Hai varios de estos, y el mas conocido y aceptado es el de Rumford. Consiste este en una cuba rectangular llena de agua, en cuyo interior hai un serpentin que atraviesa su fondo, terminando en forma de embudo invertido. Debajo de este embudo es donde se queman los cuerpos que se someten al experimento. Los productos de la combustion se desprenden por el serpentin, calentando el agua de la cuba, y segun la temperatura de esta agua, se deduce el calórico desprendido. Tomando por unidad de calor la cantidad de calórico necesaria para elevar 1 grado la temperatura de 1 quilógramo de agua, encontró M. Dulong con un calorímetro de Rumford perfeccionado, los siguientes resultados:

Hidrógeno	34,000	Hulla mediana	7,600
" protocarbonado	13,205	Carbono puro	7,295
" bicarbonado	12,032	Alcohol a 42° Baumé	6,855
Esencia de trementina	10,836	Madera muy seca	3,652
Aceite de olivas	9,862	Azufre	2,601
Eter sulfúrico	9,430	Oxido de carbono	2,488

477. Calefaccion.—La *calefaccion* es un arte que tiene por objeto utilizar en la economía doméstica y en la industria, los manantiales de calor que nos ofrece la naturaleza. Su importancia es mui grande, principalmente en los climas frios, donde se hace necesario abrigar las casas y habitaciones para la salud y comodidad de sus moradores.

478. *Diversos medios de calefaccion.*—La combustion de la madera, del carbon, de la hulla, del coke, de la turba y de la antracita, son los manantiales de calor que está hoi dia mas principalmente en uso. Los aparatos empleados para la calefaccion son las chimeneas y estufas, que comunican el calor por irradiacion; el aire caliente, el vapor y el agua caliente, que hacen circular el calor por tubos especiales; llevándolo a todos los departamentos de un edificio en la proporcion deseada.

479. Manantiales fisiológicos.—Este manantial de calor es atribuido tambien a la accion química, pues es la combustion efectuada bajo la influencia del *calor vital o animal*, que se desprende de todos los seres orgánicos con vitalidad.

476. Qué es el calorímetro? Cómo está hecho el calorímetro de Rumford? Qué resultados se han obtenido con él en el calórico dado por varias sustancias? 477. Qué es la calefaccion? 478. Cuáles son los medios empleados para la calefaccion? 479. Hai diferencia entre el calor animal y la accion química? Varia el calor vital

Cada especie de animal tiene su temperatura propia. Las aves la tienen en mas alto grado; las bestias vienen en seguida; y luego los pescados y los insectos. Con todo, en una misma clase de animales la suma de calor vital apenas varía; y en circunstancias ordinarias mantienen una misma temperatura, aunque haga calor o frio a su rededor. El calor del cuerpo humano es uno mismo en el invierno como en el verano, en la zona frígida como en la tórrida. El capitan Parry halló que sus marineros, durante un invierno polar en que el mercurio se helaba, retenian aun en sí su calor natural de 98° Fahrenheit; y los habitantes de la India, en donde el mismo termómetro está a veces en la sombra a 115°, tienen su sangre en temperatura que no excede a la espresada del 98°.

480. El calor animal es producido por un procedimiento parecido a la combustion. Al respirar el aire penetra nuestros pulmones, poniéndose en contacto con las partículas de carbon que provienen de la sangre. Este carbono combinado químicamente con el oxígeno del aire exhalado, produce un desprendimiento de calor latente. Como en la combustion, todo lo que aumenta la cantidad de oxígeno acrecienta la intensidad del calor animal. El ejercicio corporal de cualquier especie nos calienta, porque aligera la circulacion de la sangre, y nos obliga a respirar con rapidez, introduciendo mas aire y oxígeno en los pulmones.

El carbon procede del alimento que tomamos. El alimento grasoso lo produce en mayor cantidad. Por eso en el invierno necesitamos de mas carbon, y comemos mas abundantemente, cuando en el verano nos esforzamos por reducir lo posible el calor vital. Los habitantes de los climas frios consumen mas alimento grasoso que los de las regiones cálidas. Los esquimales viven del aceite del pescado y de la grasa de la foca o becerro marino, un alimento que la gente de los trópicos no hallaria mui sabroso ni saludable.

481. Manantiales mecánicos.—Los medios mecánicos que producen el calor son el *rozamiento*, y *la presion* y *percusion.*

482. *Calor debido al rozamiento.*—El roce de dos cuerpos el uno contra el otro desarrolla una cantidad de calor tanto mas considerable, cuanto mas intensa es la presion y mas rápido el movimiento. Esto lo vemos frecuente-

---

entre los diversos animales? 480. Qué es lo que produce el calor animal? De donde procede el carbono para dicha combustion? Por qué son diferentes los alimentos con los climas? 481. Cuáles son las manantiales mecánicos de calor? 482. Cómo se produce calor con el roce? Ejemplos familiares de esto. Qué experimento se ha hecho

mente en una barrena acabada de usar; en un boton de metal que se ha frotado sobre una tabla; en el fósforo encendido por la frotacion; y en dos pedazos de hielo rozados unos con otros, que llegan a derretirse por el calor latente desenvuelto por el rozamiento.

Sucede a menudo que se calientan hasta inflamarse los cubos de las ruedas de los coches por su roce con el eje. A veces se han incendiado máquinas por el roce de sus piezas. Los salvajes en varias partes se proveen de fuego frotando dos varillas. Poniendo agua a un cañon que se taladra, se ha hecho hervir el líquido en dos horas y media. En la esposicion universal de 1855, MM. Beaumont y Mayer tenian espuesto un aparato con el que elevaban en algunas horas, desde 10 hasta 130 grados unos 400 litros de agua; todo mediante el calor desarrollado por el rozamiento de un cono de madera recubierto de cañamo dentro de otro de cobre.—El roce de los líquidos no basta para producir el calor.

483. *Calor originado por la presion y la percusion.*—Comprimiendo un cuerpo de manera que aumente su densidad, se hace subir su temperatura rapidamente en proporcion que disminuye su volúmen. Este fenómeno no es sensible casi en los líquidos, se nota mas en los sólidos; y es mui patente en los gases, como se prueba con el *eslabon neumático* (fig. 212).

Fig. 212.

Un émbolo de cuero tiene a su base una cavidad para recibir un pedacito de yesca. Se introduce bruscamente el émbolo en el cilindro, y el aire comprimido se calienta en términos de inflamar la yesca, la cual arde con solo retirar rapidamente el émbolo. La inflamacion de la yesca supone una temperatura de 300 grados al menos.

La generacion de calor por la percusion, se ve en el acto de batir un metal maleable sobre un yunque. Antes que se inventara los fósforos, los herreros solian encender el fuego de sus fraguas con un clavo batido hasta encandecerse. Así se obtiene chispas del pedernal golpeado por el eslabon de acero, aunque esto sea mas bien efecto del rozamiento. Disparar armas de fuego por la percusion de cápsulas fulminantes, es otro ejemplo familiar.

Es mui notable el hecho de que pueda expelerse el calor latente de un cuerpo por la percusion violenta y repetida, produciendo menos calor cada vez que se le machaca. El hierro privado de esta manera de su calor latente, se pone tieso y frágil. Los metales pierden, en

---

con el roce como productor de calor? 483. Cómo producen el calor la presion y percusion? Esplicad el eslabon neumático? Ejemplos de percusion. Qué hecho cu-

general, su ductilidad, y no se les puede convertir en alambres hasta que no se les ha sometido de nuevo a la accion del fuego.

484. Manantial de la electricidad.—La electricidad atmosférica es otro manantial de calor, como es evidente por los efectos de un rayo, que pega fuego a los árboles y casas, y funde los metales, que ha herido. El calor producido por una batería enciende y derrite toda sustancia conocida. Su consideracion vendrá mas tarde.

Propagacion del calórico.

485. El calórico tiende a difundirse igualmente entre los cuerpos de temperaturas diferentes. Tan fuerte es esta tendencia, que a menos que reciba nuevas aplicaciones de calor, el cuerpo mas caliente se enfria, por haberse escapado el calor a otros objetos mas frios que lo rodean.

486. El calórico se propaga de tres maneras:

1°. Por conduccion, que es cuando el calórico pasa de partícula en partícula en un cuerpo, que está en contacto o próximo a otro mas caliente. Esto sucede principalmente en los sólidos, como cuando se pone al fuego una barra de hierro que se encandece en un extremo, mientras se la puede asir todavía del otro.

2°. Por conveccion, o circulacion en los líquidos y gases, cuando el calórico es trasmitido por el movimiento de las partículas de un cuerpo. Colocada una olla u otro tiesto con agua sobre el fuego, las partículas que estan en el fondo se calientan primero, y al ascender trasportan el calórico y lo propagan por la *conveccion.*

3°. Por radiacion, cuando el calórico pasa de un cuerpo a otro no en contacto con él, atravesando un espacio intermedio. Tal es la manera como se asa un pedazo de carne por la *radiacion calorífica.*

487. Conductibilidad.—La conductibilidad es la propiedad que poseen los cuerpos de trasmitir el calórico mas o

---

rioso se observa en los metales a este respecto? 484. Cómo da calor la electricidad? 485. Cuál es la tendencia del calórico? 486. De cuántas maneras se propaga? Cómo se difunde por la conduccion? Cómo y en qué cuerpos se propaga por la conveccion? Cómo por la radiacion? 487. Qué es la conductibilidad de los cuerpos? Cómo

menos facilmente en el interior de su masa. Admítese que se verifica este género de propagacion por una radiacion interna de molécula a molécula.

No todos los cuerpos conducen igualmente el calórico, y cada sustancia varia mucho en su grado de conductibilidad. Los metales principalmente trasmiten con facilidad el calórico, y se les llama por eso *buenos conductores;* y se da el nombre de *malos conductores* a los que ofrecen mayor o menor resistencia a la propagacion del calor, como son el vidrio, las resinas, las maderas, y sobre todo, los líquidos y los gases.

Por regla general, los sólidos conducen el calor mejor que los líquidos, y estos mejor que los gases, que son los peores conductores que existen. Cuanto mas densa sea una materia, mayor es su capacidad conductora; y al contrario, los cuerpos porosos y fibrosos son de escasa conductibilidad.

488. *Conductibilidad de los sólidos.*—Se demuestra la conductibilidad de los sólidos por un aparatito llamado el *conductómetro*, que se diseña en la fig. 213.

Fig. 213.



Este consiste de una plancha circular de metal amarillo, a cuyo alrededor hai puestas varias barritas de diferentes metales y otros sólidos, todas del mismo tamaño y longitud, y conteniendo en las extremidades pequeños huecos donde se introducen pedacitos de fósforo. Colocando entonces la plancha sobre la llama de una lámpara, el calor se trasmite a las barrillas, y enciende los pedazos de fósforo mas o menos pronto, segun el poder conductor de los materiales de que cada una está hecha; indicando así por el órden de la ignicion la conductibilidad relativa del sólido.

Parecido a este instrumento viene a ser, en sus efectos al menos, el aparato del físico holandes Ingenhousz. Valíose este de una caja de lata con orificios, en los que las barritas estaban insertas y cubiertas de una cera blanca que se funde a los 61°. Llena aquella de agua hirviendo, se nota que en algunas barritas entra mas luego en fusion la cera que otras; y hé aquí otro medio de determinar la conductibilidad de las sustancias que componen las barritas.

M. Despretz midió los poderes conductores de los sólidos con otro apa-

---

se verifica? Cuáles cuerpos se llaman buenos conductores y cuales mal conductores? Cuál es el órden respectivo de conductibilidad entre los sólidos y los gases? 488. Cuál es el uso del conductómetro? Describid este aparato. Cuál es el aparato

rato, que da un indicador de mercurio o termómetro para cada barrita. Los Sres. Wiedmann y Franz corrigieron todavía los defectos que resultaban de la especie de discontinuidad ocurrida en los aparatos anteriores por las cavidades abiertas en las barritas, y emplearon las corrientes termo-eléctricas para estimar sus temperaturas diversas.

489. *Tabla de la conductibilidad de los sólidos.*—Resulta de las investigaciones de los citados físicos, que adoptando la conductibilidad del oro, el mejor de los conductores, como 1,000, se obtiene la siguiente tabla comparativa del poder conductor de algunas sustancias. Seguimos en esta principalmente los cálculos de Wiedmann y Franz.

Oro	1,000	Estaño	273
Platino	151	Plomo	160
Plata	1,880	Paladio	118
Cobre	1,383	Bismuto	84
Metal amarillo	444	Mármol (Despretz)	23.6
Acero	218	Porcelana "	12.2
Hierro	224	Tierra de ladrillos (Despretz)	11.4
Zinc (Despretz)	363		

490. *Conductibilidad de las maderas y cristales.*—De la Rive y Decandolle han demostrado que las maderas son mejores conductores en la direccion de las fibras que trasversalmente. La conductibilidad relativa en estas direcciones es como 5 a 3. El Dr. Tyndall prueba que el calor es propagado mas rápidamente de la superficie externa acia el centro, que en un sentido paralelo a los anillos ligneos. La madera dura conduce mejor el calor que la blanda, y la verde mejor que la seca.

La conductibilidad de los sólidos homogénos y de los cristales pertenecientes al sistema monométrico, es la misma en todos sentidos; pero en los de otros sistemas, varia la conductilibad con las diferentes direcciones, conforme a la relacion de la direccion a la del eje óptico del cristal.

491. *Conductibilidad de los líquidos.*—La conductibilidad de los líquidos es extremamente débil, y se creyó aun por algun tiempo que no la tenian. Aunque mui malos conductores, se demuestra con varios experimentos su existencia.

Congelad el agua contenida en el fondo de un tubo, y sobre este hielo vertid mas agua. Inclinando entonces el tubo, poned el liquido a la llama de una lámpara hasta que llegue a hervir. El hielo permanece mucho tiempo

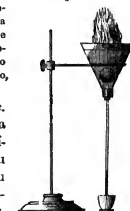
---

de Ingenhousz? Quiénes otros han mejorado estos aparatos? 489. Espresad la conductibilidad relativa del oro, platino, etc.? 490. Cuál es la capacidad conductora de la madera? En qué direccion propagan mejor el calor? Cuál es la conductibilidad de los cristales? 491. Qué conductibilidad tienen los liquidos? Cómo se demuestra?

sin derretirse. Si en lugar de agua se le echa mercurio, el hielo empieza a fundirse al instante al contacto del calor.

Tambien se comprueba esto con el aparato de Rumford (fig. 214), en la forma de un embudo de vidrio, al cual se fija un termómetro invertido. Se llena de agua el embudo hasta cubrir la esfera del mercurio a una altura de una media pulgada; y entonces se le pone éter encima y se le prende fuego. Esto produce un grande calor, y con todo, el termómetro que dista solo media pulgada del éter ardiendo, apenas sufre una alteracion mui pequeña.

Fig. 214.



492. *Conductibilidad de los gases.*—Los gases y vapores son, como se ha dicho, peores conductores que los líquidos todavía. Cuanto menor es su gravedad específica, tanto menos es su poder conductor. Es difícil hacer experimentos por la prontitud para formar corrientes que difunden el calor, pero sabemos que los gases confinados en un lugar y tranquilos, casi vienen a ser no-conductores de calor. Por eso las sustancias que encierran grandes volúmenes de aire en sus poros, como la peluza, la lana, las plumas, etc., son tan malos conductores del calor.

Por lo mismo, el aire cargado de humedad es mejor conductor que el aire seco, en la proporcion de 230 a 80; y el aire húmedo es mas fresco o frio a nuestros sentidos que el seco de igual temperatura, por que el primero conduce o retira con mas rapidez el calor de nuestros cuerpos.

493. *Conductibilidad relativa de sólidos, líquidos y gases.*—Si tocamos una barra de metal calentada a 120° F., nos quemamos; el agua a 150° no escalda, si mantenemos quieta la mano, y se va aumentando gradualmente el calor; mientras que podemos soportar sin daño el aire a los 300°.

Las muchachas empleadas en las panaderías de Alemania, estando vestidas con ropa de lana y con calzetas gruesas de lo mismo para defender los

---

En qué consiste el aparato de Rumford? 492. Cuál es la conductibilidad de los gases? Por qué es difícil probarla? Qué consecuencias se siguen de la poca conductibilidad de los gases? 493. Manifestad la conductibilidad relativa de los sólidos, líqui-

pies, entran en los hornos calentados a una temperatura de 300° y en los cuales estan cociéndose toda clase de masas y viandas, sin sufrir el menor dolor o inconveniencia, aunque el tacto solo de cualquier materia metálica las quemaria y aflijiria penosamente.

494. *Aplicaciones de la no-conductibilidad*, o mejor dicho, las aplicaciones hechas de la diversa conductibilidad de los sólidos, son varias y numerosas a la simple observacion.

La costra de la tierra se compone de sustancias que son mal conductores, y a pesar de la intensidad de los fuegos centrales, la cantidad de calor que sale fuera es tan escasa, que no produce efecto sensible en la temperatura de la superficie. Se ha calculado que la suma de calor central que pasa al exterior durante un año, no bastaria a fundir una cáscara de hielo de un cuarto de una pulgada que encubriese todo el globo.

Las cañerias subterráneas colocadas a tres o cuatro pies en la tierra, no se congelan con el excesivo frio del Norte, porque el suelo es un mal conductor. Los cofres fuertes son cajas de hierro construidas con dos y tres tabiques, cuyos intermedios se llenan con yeso, alumbre calcinado u otros materiales no-conductores. Esta especie de forro impide que el calor externo se comunique a los libros y papeles guardados dentro de ellas. Los hornos de fundicion y de otras clases estan tambien guarnecidos de ladrillos a fuego, que son unos malos conductores y de un material infusible, para economizar el calor. Se pone asideros de marfil y de madera a los utensilios de cocina, y a las teteras y cafeteras, porque siendo aquellos malos conductores no trasmiten el calor tan rápidamente para que quemen las manos, como sucederia con los mangos de metal. Platos y fuentes mui calientes se colocan sobre esterillas de paja o mimbres para que no causen daño a las mesas. El agua se calienta mas facilmente en tiestos de metal que en los de porcelana o vidrio, porque aquellos trasmiten el calor del fuego mas rapidamente que estos.—Los edificios de madera y ladrillo son mas frescos en el verano y mas abrigados en el invierno que los de hierro, porque aquellos son malos conductores del calor.—Los embaldosados son mas frios que los pisos entablados, y estos mas que los tapizados, debido a sus diferencias en el poder conductor, aunque se hallen en una misma temperatura.

495. *Aplicaciones en el reino animal y vegetal.*—La piel de los animales varía no solo con los climas habitados por las distintas especies, sino tambien con los cambios de estaciones. Vestidos de esta manera se resguardan del calor o preservan en sí el calor vital interno.

---

dos y gases. A qué grado soportamos el agua y el aire calientes? Cómo se resguardan los obreros contra un calor de 300°? 494. Por qué sale tan poco calor del centro de la tierra? Cómo se defienden las cañerias y las cajas contra incendio? Por qué se pone asideros de marfil o maderas a los tiestos de cocina? En qué vasijas hierve mas pronto un líquido? Por qué son mejores las casas de madera y ladrillo? Por qué los baldosados son mas frios que los tarimados? 495. Qué objeto tiene la piel de los ani-

Los animales de los climas cálidos carecen de proteccion alguna o tienen solo pieles toscas y delgadas, mientras que estas son finas, tupidas y gruesas en los de climas frios, por lo que vienen a ser perfectos no-conductores del calor. El plumage de las aves está compuesto tambien de sustancias mal conductores del calor, y que preservan grandes cantidades de aire en sus intersticios. A mas de esta defensa, las aves de las regiones frias estan provistas de una capa mas delicada debajo de las plumas grandes, que se llama la peluza, y sirve para interceptar mas completamente el calor. El elefante fosil del Rio Blanco, en la Siberia, está cubierto de tres especies de pelos de largos diversos, de los que el mas fino, una lana mui tupida junto al cuerpo, los protege contra los frios árticos. Los navegantes del Polo Artico y los Esquimales soportan un frio de —40° o —60° F., mediante el abrigo de sacos y vestidos de pieles. Los animales acuáticos de sangre caliente, como la ballena y el becerro marino, tienen una capa de grasa que los protege, lo que hace las veces de las pieles y las plumas en los animales terrestres. La cáscara de los árboles es mas porosa que su madera, para preservar el calor necesario a su vitalidad.

496. *Conductibilidad de las sustancias pulverizadas o fibrosas.*—Las sustancias pulverizadas o en estado fibroso ofrecen un poder conductor mui inferior al de sus masas compactas, parte por razon de haber disminuido su continuidad, y parte por el aire encerrado entre sus partículas.

El serrin es tambien un mal conductor, mucho peor que la madera de que se ha formado; y por eso sirve para conservar el hielo, llenando con él, paja seca o virutas las murallas huecas del receptáculo. Tambien se proteje el hielo con flanelas, preservándolo de todo aire cálido. Jarras y otros tiestos para mantener el agua o la leche fria, estan hechos lo mismo con dóbles paredes, cuyos espacios estan llenos de carbon pulverizado u otras sustancias porosas mal conductores.

La nieve se compone de partículas cristalinas, que contienen una gran cantidad de aire en sus intersticios; por lo cual viene a ser un mal conductor, e impide la salida del calor de la tierra o que el hielo la penetre demasiado en las regiones frígidas. En las laderas del monte Etna, alcanza la nieve en el invierno basta los bordes de la parte fértil, y los montañeses van y la tapan con una capa de dos o tres pies de espesor de arena volcánica y pómice pulverizado, que se encuentra en abundancia en los alrededores; y de esta manera la preservan durante todo un ardiente verano, y la distribuyen despues en toda la Sicilia. Hasta el presente existe una gruesa costra de hielo cerca de la cumbre del mismo Etna, por haber sido cubierta en siglos

---

males? Qué clase de piel visten los animales de climas frios y cual los de climas cálidos? Qué se dice del elefante de la Siberia? Cómo se protejen del frio los habitantes y viageros del Polo Artico? Cómo estan resguardados las ballenas y otros animales acuáticos? 496. Qué poder conductor tienen las sustancias pulverizadas o fibrosas? Qué aplicaciones se hace del serrin, la paja, etc.? Por qué la nieve es un mal conductor? Cómo preservan la nieve los paisanos de Sicilia? Qué caso raro se ha obser-

pasados con una erupcion de cenizas y arena mui espesa, y en seguida por una corriente de lava derretida. Este conservatorio natural de hielo ha sido desenterrado, y se sirven de él los sicilianos cuando los depósitos de mas abajo no han bastado para el consumo.

497. *Vestidos.*—El objeto del vestido es preservar el calor del cuerpo, a la manera que la naturaleza dió la piel y plumas a los animales. Los materiales fibrosos, como la lana y las pieles, se prestan mejor para vestiduras, porque siendo malos conductores del calor y conteniendo igualmente aire en sus intersticios, no dejan escapar facilmente el calor vital del cuerpo humano.

El vestido nos conforta en el verano excluyendo el calor, y nos calienta en invierno impidiendo su sálida del cuerpo.—El órden de conductibilidad de las diversas sustancias que empleamos para vestidos, es el siguiente: el lino, la seda, el algodon, la lana, la peletería. Por esto un vestuario de lana es mas abrigador que otro de algodon, de seda o de lienzo. Las sábanas de un lecho nos parecen mas frias que las frasadas, porque son mejores conductores del calor. Los paños finos son mas calientes que los bastos, porque son malos conductores del calor. En el verano usamos tejidos de lino, porque facilitan la salida del calor del cuerpo, mientras un trage trabajado de géneros finos y tupidos nos proteje del invierno mejor que ningun otro material, a escepcion de las pieles. Vestidos gruesos de sustancias mal conductores sirven a veces para resguardar del calor los operarios, que tienen que entrar hornazas calientes para la manufactura de algunos artículos.

498. Conveccion de líquidos.—Aunque los líquidos y los gases son mui mal conductores del calor, pueden con todo calentarse facilmente por una especie de circulacion y libre movimiento entre sus partículas, que se llama *conveccion.* Las partículas del flúido en inmediato contacto con el manantial de calor se calientan, y poniéndose específicamente mas ligeras, se levantan y cambian de posicion para dar lugar a otras; una operacion que continua hasta que todas las partículas han obtenido una igual temperatura. Así vienen a formarse corrientes en el agua como sucede en el aire.

499. La circulacion mencionada puede hacerse patente calentando el agua de un frasco, que contenga un poco de sálvado o ámbar pulverizado sobre

---

vado en la vecindad del Etna? 497. Cuál es el objeto de los vestidos en el hombre? Cuál es el órden de conductibilidad de las varias sustancias usadas para vestidos? Qué modificaciones son precisas en los vestidos con los cambios de estaciones? 498. Cómo se calientan los líquidos por la conveccion? 499. De qué manera puede

una lámpara de alcohol. Las partículas de líquido en el fondo del frasco, donde se le aplica el calor, se calientan y suben para arriba, y las otras partículas de líquido mas frias bajan a ocupar su lugar. Así viene a formarse dos sistemas de corrientes. En el centro de la vasija está la corriente ascendente de partículas calientes, y a los lados fluyen las corrientes de partículas mas frias; continuando de este modo la circulacion hasta que toda la masa ha llegado a una temperatura uniforme. Si se deja enfriar el vaso, las corrientes fluyen en direcciones opuestas.

Todo lo que impida esta libre circulacion y cause viscosidad, obsta tambien al calentamiento de un líquido, así como a su rápido enfriamiento. Por eso el almidon y la goma necesitan revolverse constantemente mientras hierven, a fin de traer todas sus partes en contacto con el calor, e impedir que algunas porciones se adhieran a las paredes calientes de las vasijas, y se quemen.

500. Como en los líquidos, el calor se difunde en los gases y vapores por la conveccion. El aire caliente asciende como el agua en el mismo estado, y esparce su calor. Cuando se quiere obtener una temperatura uniforme en una pieza, es preciso que el calentador o estufa esté lo mas bajo posible al suelo. Bajo una misma temperatura, sentimos mas frio cuando hai viento que cuando hai calma; porque las corrientes frescas de aire arrebatan con mas rapidez el calor de nuestros cuerpos.

501. *Corrientes oceánicas.*—A causa de la desigualdad del calor a que las aguas del océano estan sujetas en diferentes partes, se forman corrientes de estraña constancia y regularidad. Estas aguas son calentadas a un alto grado bajo los trópicos, y de ahí fluyen de uno y otro lado acia los polos, mientras otras corrientes mas frias vienen de los polos acia el ecuador. Estas corrientes son modificadas en su direccion por la forma y distribucion de tierra y agua en la superficie del globo, y por la rotacion de este sobre su eje.

La mas notable y conocida de estas corrientes es la llamada Corriente del Golfo, porque entra en el Golfo de Méjico al rededor del extremo occidental de Cuba, y rozando sus costados pasa por el estrecho canal entre la Florida y las islas de Bahama. Tiene una temperatura 8° o 10° F. mas alta que la del océano circunvecino. Esta corriente avanza acia el norte paralela a la costa de los Estados Unidos, ensanchando gradualmente y notándose menos y menos, y se dirige por fin al océano helado e Islas Británicas. Ella lleva consigo el calor superfluo de las Antillas y regiones tórridas del ecuador hasta mas allá del Atlántico occidental, mejorando el clima de la Inglaterra y todo

---

demostrarse la existencia de estas corrientes circulantes durante el calentamiento de un liquido? Qué se opone al calentamiento y enfriamiento de un líquido? 500. Cómo se propaga el calor en los gases? Qué se deduce de ello? 501. Qué es lo que causa las corrientes oceánicas? Cuál es la mas notable de estas? Qué direccion lleva y

el noroeste de Europa.—La Corriente del Golfo de Méjico fue observada primero y dada a conocer al mundo científico por Benjamin Franklin en 1770.

Radiacion calorífera.

502. Se trasmite tambien el calor de un cuerpo a otro a traves del espacio, de la misma manera que la luz. Cuerpos calientes irradian el calor igualmente en todas direcciones. El calórico radiante, marcha o se propaga en líneas rectas, divergiendo en toda direccion de los puntos de que emana. Estas líneas divergentes se denominan *rayos de calor* o *rayos caloríficos.*

Si ponemos las manos bajo el fondo de un brasero, sentimos al instante una sensacion de calor. Este calor no nos ha llegado por conduccion, porque el aire es un mal conductor; ni por conveccion, porque es de la propiedad de las corrientes cálidas el ascender. No puede haber sido conducido sino en rayos emitidos por el fuego a traves del espacio intermedio, o lo que se llama el *calórico radiante.*

503. Leyes de la radiacion.—La radiacion del calórico obedece a las tres leyes siguientes:

1°. *La radiacion se verifica en todas las direcciones al rededor de los cuerpos.*—En efecto, si se coloca un termómetro en diferentes posiciones al rededor de un cuerpo caliente, indica en todas una elevacion de temperatura.

2°. *En un medio homogeneo se efectua la radiacion en línea recta.*—Porque si se interpone una pantalla en la recta que une un foco calorífico con un termómetro, deja este de sentir la influencia de aquel.

Pero al pasar de un medio a otro, como por ejemplo del aire al vidrio, los rayos caloríficos, lo mismo que los luminosos, se desvian en general, constituyendo así la *refraccion*, de que tratarémos en la óptica, pues sus leyes son las mismas para el calórico que para el lumínico.

3°. *El calórico radiante se propaga en el vacío del mismo modo que en el aire.*—Demuéstrase esto fijando un pequeño termómetro en un globo de vidrio, en el cual se hace

---

que efectos produce la Corriente del Golfo de Méjico? 502. De qué otra manera se trasmite el calor? Qué son rayos caloríferos? Qué se llama calórico radiante? 503. Cuántas son las leyes de la radiacion? Enunciad todas ellas y como se demues-

el vacío. Si se le acerca entonces un cuerpo caliente, se ve que sube el termómetro, fenómeno que solo se esplica admitiendo la radiacion en el vacío; porque se ha visto que no es el vidrio suficientemente buen conductor del calórico, para que puede operarse la propagacion por las paredes del globo y por el tubo del termómetro.

504. El calor radiante no es generalmente absorbido por los medios por que pasa, y no es afectado sensiblemente por cualquiera mocion de los medios, como es el caso con los vientos en el aire.

Los rayos de calor del sol no calientan el aire a cuyo traves pasan, sino que proceden a la tierra donde son absorbidos. El aire recibe el calor por induccion y conveccion de la misma superficie de la tierra calentada por el sol. Así tambien recibimos calor de un fuego, aunque el aire alrededor esté frio por efecto de una renovacion continua.

505. *Intensidad del calórico radiante.*—Tomando como *intensidad del calórico* la cantidad de calor que recibe la unidad de superficie, se encuentra que son tres las causas que pueden modificar dicha intensidad, a saber: la temperatura del foco de calor, su distancia, y la oblicuidad de los rayos caloríficos con relacion a la superficie que los emite. Obsérvanse efectivamente las tres leyes siguientes en la intensidad del calórico radiante.

1°. *La intensidad del calórico radiante es proporcional a la temperatura del manantial.*

2°. *Esta misma intensidad se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia del manantial.*

3°. *La intensidad de los rayos caloríficos es tanto menor, cuanto son emitidos en una direccion mas oblicua con relacion a la superficie radiante.*

La primera lei se demuestra esponiendo un termómetro a la misma distancia de varios focos de calor, que tengan, por ejemplo, una temperatura de 100°, 150° y 200°; y la suma de calórico radiante será directamente como estos números.

---

tran? Se propaga el calor radiante en el vacío? Cómo se demuestra? 504. Es el calor radiante absorbido por los medios por que pasa? Qué resulta de esto? 505. Qué causas modifican el calor? Cuáles son las leyes relativas a la intensidad del calor? Cómo se demuestra la primera lei? Qué se deduce de la segunda lei? Con qué apa-

Conforme a la segunda lei se nota experimentalmente qne el efecto calorífico de un cuerpo a una distancia de dos pies es solo un cuarto, a tres pies un noveno, y a cuatro pies un décimo sesto de lo que seria a un pie. Puede aclararse mas esta lei, suponiendo dos globos, uno de un pie y el otro de dos pies de diámetro, y qne contengan un cuerpo igualmente calentado en ambos. El globo mayor muestra cuatro veces tanta superficie qne el menor; y por consiguiente cada pulgada cuadrada del primero recibirá solo un cuarto del calor que una pulgada cuadrada del segundo, mientras que la distancia a esta superficie es solo dos veces tan grande.

La tercera lei se demuestra con un aparato especial mas complicado, que se compone de un espejo cóncavo y dos pantallas uniformemente agujereadas. Al frente se pone en un eje movible el foco calentador, y de cualquier lado que este se incline, el índice del termómetro colocado delante del espejo permanecerá lo mismo, aunque sea mas grande la superficie de este espuesta a los rayos de calor; lo que no puede ser sino porque los rayos oblicuos son menos intensos que los perpendiculares, disminuyendo su intensidad con la oblicuidad.

506. *Lei de Newton sobre el enfriamento.*—Un cuerpo situado en un recinto vacío no se enfria o no se calienta mas que por radiacion, siendo así que ademas de la atmósfera hai contacto con el aire. En ambos casos, la velocidad en el ascenso y descenso de la temperatura, es decir, *la cantidad de calor perdida o absorbida en un segundo*, es tanto mayor cuanto mas considerable es la diferencia de temperatura. Newton asentó a este respecto la lei siguiente: *La cantidad de calor que un cuerpo gana o pierde, por segundo, es proporcional a la diferencia entre su temperatura y la del recinto.*

Dulong y Petit hicieron ver que no es general esta lei, conforme supuso Newton, y qne solo debe aplicarse a las diferencias de temperatura que no escedan de 15 a 20 grados. Pasado este término, la cantidad de calor que se gana o se pierde es mayor qne lo qne la lei indica. Estos físicos determinaron que cuando el cuerpo calentado es puesto en el vacío a temperaturas ascendentes segun los términos de progresion aritmética, la velocidad del enfriamiento aumenta conforme a los términos de una progresion geométrica: disminuida, empero, por la cantidad constante de calor radiado de nuevo de las paredes de la vasija que lo contiene, sobre el cuerpo que se enfria. Si la temperatura de la vasija y la del cuerpo calentado fuera elevada conforme a los términos de una progresion aritmética, de modo que la diferencia entre ambos fuese siempre constante, el grado de enfriamiento aumentaria conforme a los términos de una progresion geométrica.

---

rato se demuestra la tercera lei? 506. Cuál es la lei de Newton sobre el enfriamiento? Es general esta lei? En qué proporcion se verifica el enfriamiento segun los princi-

507. *Radiacion universal del calórico.*—Todos los cuerpos irradian calor en todos tiempos, ya sean igual o diferente en temperatura a los otros cuerpos alrededor; porque es de la tendencia del calor el buscar su equilibrio.

En un recinto en que todos los articulos son de una misma temperatura, cada uno recibe tanto calor como el que irradia, y por consecuencia mantienen estacionaria su temperatura. Cuando algunos cuerpos son mas cálidos que otros, el mas caliente irradia mas de lo quo recibe, hasta que al fin todos obtienen una misma temperatura. Así todos los cuerpos por frios quo scan, calientan otros cuerpos mas frios aun que ellos mismos. El azogue helado puesto en una cavidad de hielo será fundido por el calor radiado del hielo.

508. Reflexion del calórico.—Cuando los rayos caloríferos caen sobre la superficie de un cuerpo, se dividen generalmente en dos partes; unos penetran en la masa del cuerpo, y los otros son repelidos por la superficie, a la manera de una esfera elástica, circunstancia que se espresa diciendo que son *reflejados*.

El calor radiante, lo mismo que la luz, es reflejado en el mismo ángulo en que cae sobre una superficie reflejante; o lo que se expresa tambien en la fórmula aplicable tanto a la luz como al calórico: que el ángulo de inflexion es igual al de incidencia, y que el rayo incidente y el reflejado se encuentran en un mismo plano perpendicular a la superficie reflejante.

Si un pedazo de laton brillante es puesto de modo que refleje la luz de un claro fuego en la cara, la sensacion de calor se experimenta al instante mismo que se ve la luz.

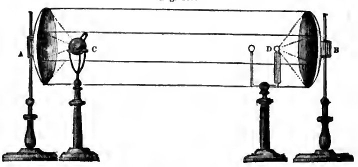
509. *Espejos cóncavos.*—Dáse el nombre de *espejos cóncavos* o *reflectores* a unas superficies esféricas o parabólicas, de metal o de vidrio, que sirven para concentrar en un mismo punto los rayos luminosos o caloríficos.

510. El aparato representado en la fig. 215 demuestra la existencia de los focos y a la vez las leyes de la reflexion del calórico. El primer experimento hecho con él fué ejecutado por Pictet y Saussure en Ginebra, y es conocido bajo el nombre de *experimento de los espejos conjugados*. Hállanse dispuestos

---

pios de Duloug y Petit? 507. Cuál es la tendencia universal del calórico? Cómo se distribuye y equilibra el calor en un recinto? 508. Cómo se esplica la radiacion del calórico o los rayos reflejados? Cuál es la lei general de la reflexion calorífica? 509. Qué son los reflectores o espejos cóncavos? 510. Cuál es el experimento de los

Fig. 215.



dos reflectores, A B, el uno en frente del otro a una distancia de diez a doce pies. En el foco de uno de los espejos, A, se coloca una esfera en ascuas, C; y en el foco del otro, B, un cuerpo inflamable como la yesca, pólvora o fósforo. Algunos rayos pasan directamente de C a D, pero la mayor parte llegan a C por la doble reflexion. El espejo A refleja los rayos emitidos por C en una direccion paralela a su eje; y estos son recibidos por el segundo espejo B y por la reflexion se comunican al foco D, encendiendo la sustancia allí colocada.—Si en vez de esta se pone un termómetro, como se ve en el grabado, este indicará un ascenso correspondiente en la temperatura.

511. *Reflexion en el vacio.*—El calórico se refleja del mismo modo en el vacio que en el aire, conforme se demuestra por medio del siguiente experimento debido al químico ingles Davy. Dispónense debajo del recipiente de una máquina neumática dos pequeños reflectores enfrente el uno del otro: en uno de los focos hai un termómetro mui sensible, y en el otro un manantial de calor eléctrico, que consiste en un alambre de platino hecho incandescente por el paso de la corriente de una pila. Vése en seguida que sube el termómetro muchos grados a causa del calórico reflejado, pues no acusa aquel elevacion alguna de la temperatura, si no se encuentra exactamente en el foco del segundo reflector.

512. *Reflexion aparente del frio.*—Si se disponen dos reflectores enfrente el uno del otro, y en vez de carbones incandescentes, se coloca en uno de los focos una masa de hielo, estando a 12 o 15 grados el aire ambiente, por ejemplo, se observa que un termómetro diferencial, fijo en el foco del segundo reflector, indica un enfriamiento de muchos grados. A primera vista parece que dependa este fenómeno de rayos frigoríficos emitidos por el hielo; pero esta *reflexion aparente del frio*, que tal es el nombre que recibe, se esplica por la teoria del equilibrio de temperatura que tiende siempre a establecerse entre los cuerpos. Media un cambio de calórico de la misma manera que en la inflamacion de la yesca, sin mas diferencia que el cambio de condiciones, pues ahora el termómetro es el cuerpo caliente. Como los rayos que emite son

---

espejos conjugados? En qué consiste y qué se deduce de él? 511. Se efectúa la reflexion en el vacio? Cómo se demuestra? 512. Qué es lo que se llama la reflexion

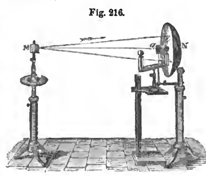
mas intensos que los del hielo, no hai compensacion entre el calor que cede y el que recibe, originándose de aquí su enfriamiento.

A este mismo hecho debemos referir el frio que sentimos junto a las paredes de yeso, de piedra, y en general, cerca de toda masa cuya temperatura es inferior a la nuestra.

513. *Poder reflector.*—Llámase *poder reflector* a la propiedad que poseen los cuerpos de reflejar una cantidad mayor o menor del calor incidente.

Varía, segun las sustancias, este poder, y a fin de poder estudiarle sin necesidad de construir tantos reflectores cuantos fuesen aquellas, inventó Leslie un aparato mui ingenioso, que se dibuja en la fig. 216. El manantial de calor es un cubo, M, lleno de agua hirviendo; y en el eje del reflector esférico, N, entre el foco y el espejo, hai fija una lámina de la sustancia cuyo poder reflector se busca. Los rayos caloríficos emitidos de M, que se dirijen sobre el espejo N, son reflejados sobre la lámina *a*, y de esta sobre la esfera del termóscopo, puesto en el punto donde los rayos vienen a caer sobre el foco. La temperatura indicada por el termóscopo varia con la naturaleza de las láminas sometidas al esperimento; de lo cual se deduce, no el poder reflector absoluto de un cuerpo, sino la relacion de este poder con el de otro cuerpo tomado como término de comparacion.

Fig. 216.



514. *Poder absorbente.*—El *poder absorbente* de los cuerpos es la propiedad que poseen de dejar penetrar en su masa una porcion mayor o menor del calor incidente.

El poder absorbente de un cuerpo está siempre en un órden inverso del reflector; es decir, cuanto mas calórico refleja un cuerpo, menos absorbe y recíprocamente, sin que por esto sean complementarios ambos poderes, esto es, la suma de las cantidades de calor reflejado y absorbido no representa la totalidad del calor incidente. Siempre es menor; porque en realidad se divide el calor incidente en tres partes, a saber: 1°. una que es absorbida; 2°. otra que es reflejada con regularidad; y 3°. otra parte que se refleja irregularmente, es decir, en todas las direcciones, y que se designa con el nombre de *calor difuso.*

---

aparente del frio? Cómo viene a esplicarse? 513. Qué es poder reflector? Describid el aparato de Leslie para hallar el poder reflector de varias sustancias. 514. Qué es el poder absorbente de un cuerpo? En qué relacion está al poder reflector? Cómo se determina el poder absorbente de diversas sustancias? Decid la cantidad relativa de los poderes radiantes, absorbentes y reflectores, del negro de humo, carbonato

El poder absorbente de los cuerpos puede determinarse con el mismo aparato de Leslie antes descrito (fig. 216), modificándolo solo de modo que en el foco del espejo N se coloque la esfera de un termóscopo, que se recubrirá sucesivamente con negro de humo, tinta de China, hojas metálicas, etc. La siguiente tabla difiere algo de los resultados obtenidos por Leslie, una autoridad eminente en este ramo; pero tiene a su favor los mas acabados esperimentos de MM. de la Provostaye y Desains, sostenidos por Melloni.

Nombres.	Poder radiante y absorbente.	Poder reflector.
Negro de humo	100	0
Carbonato de plomo	100	0
Papel de escribir	98	2
Vidrio	90	10
Tinta de China	85	15
Laca	72	28
Fierro colado pulido	25	75
Mercurio	23	77
Fierro forjado pulido	23	77
Zinc pulido	19	81
Acero	17	83
Platino, capa gruesa, a medio pulir	24	76
Platino sobre cobre	17	83
" en hojas	17	83
Espejos metálicos un poco manchados	17	83
" " casi pulidos	14	80
Metal amarillo bien pulido	7	93
" " mal pulido	11	89
Estaño	14	80
Cobre estendido sobre fierro	7	93
" varnizado	14	86
Dorado en plata	5	95
" sobre acero pulido	3	97
Plata pulida	3	97
" fundida y bien pulida	3	97

Todas las superficies negras y opacas absorben el calor rapidamente, y se desprende de ellas paulatinamente por reflexion secundaria. El poder absorbente de diversos colores puede determinarse repitiendo el experimento de Franklin. Pedazos de paños de una misma clase y de diferentes colores fueron estendidos en la nieve; y el paño negro absorbió mas calor, hasta enterrarse en ella despues de algun tiempo, cuando sobre el blanco apenas hizo efecto: los de otro color tambien fueron afectados mas o menos inmediatamente.

de plomo, etc., segun los experimentos y la tabla de la Provostaye y Desains. Cuál es el experimento de Franklin sobre los colores? Qué resultados vino a dar?

Puesto por su órden absorbente, resulta: 1°, el negro, el mas cálido de todos; 2°, el violeta; 3°, el azul de añil; 4°, el azul; 5°, el verde; 6°, el rojo; 7°, el amarillo; y 8°, el blanco, el mas frio de todos.

515. *Poder emisivo.*—El *poder emisivo* de los cuerpos es su propiedad de emitir, en igualdad de temperatura y superficie, una cantidad mayor o menor de calor.

El poder emisivo varía tambien con las diferentes sustancias. Leslie empleó el mismo aparato para sus experimentos. Dispónese la esfera del termóscopo en el foco de un espejo, y se cubre la otra esfera del mismo con una pantalla para protejerla del calor radiante. El cubo con agua birviente tiene todas sus caras teñidas o tapadas con las diferentes sustancias a prueba, y se las vuelve sucesivamente acia el espejo. Hé aquí los resultados obtenidos por Leslie:

Negro de humo	100	Tinta de china......	88	Plomo brillante......	19
Agua	100	Hielo	85	Mercurio............	20
Papel.............	98	Minio..............	80	Hierro pulimentado..	15
Lacre	95	Carbureto de hierro..	75	Plata, Laton, "	
Vidrio blanco órd. ..	90	Plomo empañado....	45	Cobre y oro "	12

MM. de la Provostaye y Desains, y tambien Melloni, han obtenido recientemente resultados algo diferentes de los de Leslie en los metales.

516. Estando el poder reflector en razon inversa del emisivo y absorbente, todo lo que aumente el efecto de estos disminuye el de aquel y vice-versa. No solo poseen los cuerpos diversos poderes reflectores, emisivos y absorbentes en grados diversos, sino que la condicion física de los materiales los afecta notablemente. Así como tambien los modifica la oblicuidad de los rayos incidentes, la naturaleza del manantial de calor y el espesor de la sustancia radiante.

Se disminuye el poder absorbente y emisivo de las planchas metálicas batiéndolas con el martillo o pulimentándolas. Un efecto contrario se obtiene rayando o poniendo mate las superficies de las planchas. La causa de esto debe atribuirse sin duda al cambio en densidad que sufren las capas superficiales con el rayado. Por la misma razon se aumenta generalmente el poder reflector de una sustancia puliéndola o batiéndola, y se disminuye rayándola; pues por este último medio se hace que el calor refleje irregularmente. Tan probable es esta esplicacion, cuanto que si se usa un material como el marfil o la ulla, cuya densidad no se altera con el rayado o pulido, no ocurre cambio alguno en los poderes reflectores y absorbentes.

El espesor de las sustancias influye en el poder reflector de los cuerpos. Leslie dió varniz a un espejo, y halló que la reflexion disminuia con cada capa sucesiva que le añadia, hasta que su densidad subió a la 25ᵛᵃ parte de un mi-

515. Qué es el poder emisivo de un cuerpo? De qué aparato se valió Leslie para hallar el poder emisivo de varias sustancias? Qué resultados obtuvo? 516. Qué causas modifican los poderes reflectores, emisivos y absorbentes? Cómo se disminuye o aumenta el poder absorbente y emisivo de las planchas metálicas? Esplicacion

limetro (0.025 m.), despues de la cual permaneció estacionaria. Por otro lado, un vaso cubierto con capas de varniz o jalea aumentaba en poder emisivo con el número de cada mano que se le daba, hasta que llegaron a diez y seis (con un espesor de 0.034 m.) y entonces quedó fijo, aunque se le pusiera mas capas.

El poder absorbente de las sustancias varía con la naturaleza del manantial de calor. De este modo, un cuerpo cubierto con albayalde absorbe todos los rayos caloríficos del cobre calentado a los 212° F.; 56 de los de platino encandescido; y 53 de los de una lámpara de aceite. Negro de humo es la única sustancia que absorbe todos los rayos, cualquiera que sea el manantial de calor.

El poder absorbente varía con la inclinacion de los rayos incidentes, y cuanto menor es el ángulo de incidencia mayor es la absorcion. Esta es una de las razones porque el sol calienta mas la tierra en el verano que en el invierno.

El poder reflector del vidrio aumenta con el grado de incidencia, pero en superficies metálicas se refleja una misma proporcion en todas las incidencias menores de 70°; pues mas allá de este grado de reflexion el calor mengua.

517. *Aplicaciones.*—Todos estos principios vemos generalmente aplicados en un buen ajuar doméstico. Asadores de carne y hornos holandeses, por ejemplo, se hace de laton brillante para que reflejen el calor del fuego sobre el artículo que se cocina.

El hielo blanco resiste mas los rayos del sol de mañana cuando se halla estendido sobre una superficie colorada que en el suelo oscuro, porque el último absorbe mucho del calor, mientras la primera lo refleja y con esto se enfria demasiado para derretir el hielo. Por eso la arena blanquisca refleja el sol, y escorcha la cútis al atravesar un arenal en el verano. El agua tarda mas en hervir en vasijas de metal brillante, como una tetera de plata bruñida, que son malos absorbentes; mas si el fondo y costados estan ahumados, el liquido se calienta pronto.

Para conservar caliente un líquido deberá ponérsele en una vasija de un material que sea mal radiante. De ahí es que las teteras, cafeteras, etc., estan hechas de un metal pulido, porque retienen por mas tiempo el calor que aquellas que tienen una superficie opaca, como son los tiestos de barro.

Las estufas de planchas de hierro pulimentadas radian menos calor, pero lo conservan por mas tiempo que las fabricadas de hierro colado con una superficie mate y oscura.

518. Trasmision del calórico radiante.—La luz pasa a traves de todos los cuerpos trasparentes, cualquiera que

de esto. Qué influencia ejerce el espesor de una sustancia en el poder reflector? Qué experimentos hizo Leslie a este respecto? Qué influencia tiene el manantial de calor en el poder absorbente? Cómo influye la mayor o menor inclinacion de los rayos en el poder absorbente? 517. Qué aplicaciones se hace de los principios antes demostrados? Cómo se aplican a los hornos y asadores? Qué sucede con el hielo blanco? En qué vasijas hierve mas pronto el agua? En cuáles se preserva mas el calor? Qué

sea el orígen de que proceda. Del mismo modo los rayos del sol, como los rayos de luz del mismo luminar, pasan a traves las sustancias trasparentes con solo algunas modificaciones o pérdida. El calórico radiante, con todo, que proceda de manantiales terrestres luminoses o no luminosos, es detenido, en una porcion considerable al menos, a su paso por muchas sustancias trasparentes así como por las que son opacas.

El vidrio de nuestras ventanas está frio, al mismo tiempo que los rayos del sol que penetran por él calienta nuestras habitaciones. Pero una lámina de cristal puesta delante del fuego detiene casi el calor, aunque su luz pase íntegra.

519. PODER DIATÉRMANO.—El eminente físico, Melloni, llamado por de la Rive " el Newton del calórico," y que murió en Nápoles del cólera en 1854, ha dado el nombre *diatérmanos* (del griego *dia*, a traves, y *thermaino*, calentar), a aquellos cuerpos que dan paso al calórico radiante; y el de *atérmanos* (de *alpha*, privativo, y *thermaino*), a los que estan privados de esta propiedad, o la poseen en un grado mui remiso.

Valióse aquel físico de un ingenioso aparato termométrico en el que experimentó sobre cinco manantiales de calor: 1°. una lámpara de Locatelli, sin cristal, con reflector y una sola corriente de aire; 2°. una lámpara de Argand con doble corriente de aire y con cristal; 3°. un alambre de platino arrollado en hélice y mantenido al rojo blanco en la llama de una lámpara de alcohol; 4°. un cubito de cobre ennegrecido exteriormente y lleno de agua a 400°, por medio de la llama de una lámpara de alcohol.

520. *Modificaciones del poder diatérmano.*—Experimentando Malloni sobre diversas láminas diatérmanas, dió a conocer seis causas que modifican el poder diatérmano:

1°. La naturaleza de las sustancias que constituyen las pantallas que atraviesa el calórico; 2°. El grado de pulimento de estas pantallas; 3°. Su espesor; 4°. El número de pantallas que atraviesa el calórico; 5°. La naturaleza de las pantallas que han sido atravesadas; 6°. La naturaleza del foco de calor.

521. *Influencia de la sustancia de las pantallas.*—Trabajando con diversos líquidos colocados sucesivamente en una vasija de vidrio, cuyas paredes

---

estufas dan mas calor? 518. Qué diferencia hai entre la luz y el calórico radiante en su paso por cuerpos trasparentes? Un ejemplo. 519. Qué son cuerpos diatérmanos y atérmanos? Quién los clasificó así y como estudió sus fenómenos? 520. Cuántas son las causas que modifican el poder diatérmano? Cuáles son? 521. Cómo influyen

opnestas eran paralelas y distantes entre sí 9 mm. 2 (.362 pul.), y comparando las indicaciones dadas por su aparato cnando se hallaban interpuestos los liqnidos, con el efecto que se obtenia con el calórico directo, encontró Melloni, tomando por manantial de calor una lámpara de Argand, que de 100 rayos incidentes:

El sulfuro de carbono deja pasar..	63	El alcohol......................	15
El aceite de olivas	30	El agua azucarado o aluminosa ..	12
El éter	21	El agua destilada................	11
El ácido sulfúrico	17		

Habiendo hecho Melloni iguales experimentos con diversas sustancias sólidas talladas en láminas, con un espesor uniforme de m. 6 (1 pul.), obtuvo estos resultados:

De cada 100 rayos, la sal gema deja pasar................	92
El espato de Islandia y el vidrio de los espejos......	62
El cristal de roca ahumado........................	57
El carbonato de plomo diáfano....................	52
La cal sulfatada diáfana..........................	20
El alumbre diáfano..............................	12
El sulfato de cobre...............................	0

De los resultados aquí consignados, se deduce que varias sustancias mas o menos impenetrables a la luz, como el cristal de roca ahumado, pueden dejarse atravesar por el calórico; mientras que otras sustancias mui poco permeables a este último fluido, como el sulfato de cal, y sobre todo el alumbre, pueden ser mui diáfaaas. Queda, pues, probada la independencia del poder diatérmano de la traslncidez de los cuerpos.

522. *Influencia del pulimento.*—El poder diatérmano de una lámina aumenta con su grado de pnlimento. Por ejemplo, Melloni encontró qne las indicaciones de su aparato variaban de 12 a 5 grados con solo interponer varias pantallas de vidrio de la misma natnraleza y del mismo espesor, pero mas o menos pulimentadas.

523. *Influencia del espesor.*—El poder diatérmano de un cnerpo decrece con su espesor. Así de cuatro láminas del espesor respetivo de 1, 2, 3, 4, la cantidad absorbida, de 1,000 rayos, fué respectivamente de 619, 576, 558 y 549. La sal gema es una escepcion a esta lei: siempre deja pasar la misma cantidad de calor, al menos entre 2 a 40 mm. (.0787 y 1.575 pulg.).

524. *Influencia del número de pantallas.*—El número de pantallas diatérmanas produce nn efecto parecido al aumento de espesor. Si se interpone muchas láminas de la misma naturaleza, estas absorben mas calor qne una sola que tenga el cspesor de todas ellas combinadas, lo que es debido a las numerosas superficies al pasar de la una a la otra.

---

la sustancia de las pantallas? En qné proporcion penetran los rayos el sulfuro de carbono? En cnál el aceite y otros liquidos? Cuánto calórico deja pasar el espato de islandia laminado y otros sólidos? Qué relacion resnlta entre el poder diatérmano y la traslncidez de los cnerpos? 522. Qué influencia ejerce la pnlidez en el poder diatérmano de un cnerpo? Ejemplo. 523. Caál sa espesor? 524. Cuál el número de

525. *Influencia de la naturaleza de las pantallas ya atravesadas.*—Los rayos caloríferos qne han atravesado ya nna o mas sustancias, sufren una modificacion que los hace mas o menos propios para ser trasmitidos al traves de nuevas sustancias diatérmanas. Asi el calor de nna lámpara de Argand, cuya llama está encerrada en un tubo de vidrio, difiere mucho en traslucidez de otra de Locatelli, que tiene una llama sin cristal. La primera qne ha atravesado ya un vidrio, trasmite el calor con mas facilidad que la segunda al traves de otras sustancias diatérmanas.

Solo la sal gema da paso a la misma cantidad de calor incidente, y viene de este modo a ser al calor lo que el vidrio es a la lnz; y bien merece, por tanto, el nombre que le dió Melloni de *cristal del calor.*

526. *Aplicacion de los poderes diatérmanos.*—El aire es sin dnda mni diatérmano, porque de otro modo las capas superiores atravesadas por el sol se calentarian, mientras qne sabemos sucede todo lo contrario. El agua es poco diatérmana y produce un fenómeno opuesto en el seno de los mares y de los lagos. Las capas superiores solo participan de las variaciones de la temperatura, y a cierta profundidad esta permanece constante.

En ciertos trabajos indnstriales, se cubren la cara los obreros con máscaras de cristal, que dejan pasar la luz y detienen el calor. Se proteje tambien las plantas bajo campanas de cristal, én virtud de la propiedad diatérmana del vidrio que deja penetrar solo los rayos solares.

Se han utilizado las propiedades de los cuerpos diatérmanos, para separar la luz y el calor qne irradian de un mismo foco. La sal gema cubierta con negro de humo, detiene por completo la luz, dando paso al calórico; y por el contrario las placas o disoluciones de alumbre detienen al calórico, dejando pasar la lnz. Aplícase con ventaja este último procedimiento en los aparatos que se ilnminan con los rayos solares o con la lnz eléctrica, cuando es necesario evitar un calor demasiado intenso.

527. *Independencia de la luz y el calor.*—Algunos experimentos de Melloni parecen probar la independencia de la luz y el calor. El Dr. Wallaston recibió en uno de sus ojos los rayos de una luna llena concentrados por medio de uno de los poderosos lentes de Sir Jos. Banks, sin sentir el menor calor. Iguales resultados han producido otras luces artificiales, habiendóselas privado antes del calórico.

Por otra parte, cuanto mas se estudia los fenómenos de la lnz y el calórico, mas perfecta se hace la semejanza entre el calórico radiante y la luz. Ademas de las analogias notadas, se ha hallado que el calórico radiante, lo mismo que la luz, pueden polarizarse (véase la Optica).

Efectos generales del calórico.

528. La accion general del calórico sobre los cuerpos

---

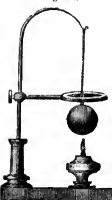
pantallas y la razon? 525. Cuál la naturaleza de las pantallas ya atravesadas? Dad un ejemplo. Cómo denominó Melloni la sal gema? 526. Es el aire diatérmano? Lo es el agua? Qné uso se hace de la diatermacia del cristal? Cómo para separar la luz del calórico? 527. Es la luz independiente del calor? Qué experimentos se han hecho a este respecto? Qué hechos parecen probar lo contrario? 528. Cuántos son

produce los siguientes efectos: puede alterar su volúmen, causando la *dilatacion;* o puede cambiar su estado, como en la *fusion*, *solidificacion* y *vaporizacion;* o mudar su color, produciendo el fenómeno de la *incandescencia;* y por fin, trasformar su naturaleza misma, como en la *combustion.*

529. Dilatacion de los cuerpos sólidos.—Cuando se eleva la temperatura de los cuerpos, estos aumentan generalmente en volúmen, o se dilatan. Esto es a causa de una fuerza repulsiva que el calórico desarrolla entre sus moléculas. Los sólidos se dilatan menos que los líquidos y los gases, por la mayor cohesion que existe entre sus partículas. Diversos sólidos se dilatan desigualmente, pero casi siempre igualmente en todas las direcciones, y recobran sus primitivas dimensiones, o volúmen, por el enfriamiento.

Hai algunas excepciones en esto. La *madera* se dilata y contrae mas a lo ancho de sus fibras que a lo largo, y cuando ha sido espuesta a un calor considerable se contrae permanentemente. La *arcilla* se contrae tambien permanentemente con el calor, y se vitrifica, formándose una nueva mezcla química. Las partículas del *plomo* corren unas sobre otras durante la dilatacion y no vuelven a ocupar su lugar con el enfriamiento. Por esto, los caños de plomo por donde pasa agua caliente o vapor se alargan permanentemente, así tambien los baños y cisternas forrados con este metal se arrugan, despues de haber contenido agua caliente.


Fig. 217.



530. Hai dos clases de dilatacion en los sólidos: en una sola direccion, que se llama *dilatacion lineal;* o en volúmen, que se dice entonces *dilatacion cúbica.* Con todo, nunca ocurre la una sin que se verifique la otra.

Hai un aparato sencillo para demostrar la dilatacion lineal. Consiste de una barra metálica fija por uno de sus extremos, y libre por el otro, que viene a estar en contacto con una aguja movible sobre un cuadrante graduado para marcar la prolongacion. Debajo de la dicha barra se encuentra el depósito cilíndrico, donde se quema el alcohol que calienta la barra.

---

los efectos generales desarrollados por el calórico en los cuerpos? Enumeradlos y los cambios que producen en los cuerpos. 529. Cómo se efectua la dilatacion de los sólidos? Qué escepciones se conoce a estos principios? 530. Cuántas clases de dilata-

La dilatacion cúbica se demuestra por medio del *anillo de S' Gravezande*, que se diseña en la fig. 217. Por un anillo metálico pasa libremente una esferita metálica de casi el mismo diámetro a la temperatura ordinaria; pero luego que esta se ha calentado a una lámpara de alcohol, no puede ya pasar a traves del anillo, demostrando así su aumento de volúmen.

531. *Uniformidad en la dilatacion de los sólidos.*—Entre los 32° y 212° F., la dilatacion de los sólidos se verifica uniformemente, esto es, el acrecentamiento de volúmen experimentado es igual para cada grado de temperatura entre estos dos puntos. Cuando se expone los sólidos a temperaturas superiores a los 212° señalados, y especialmente cerca de la temperatura de fusion o derretimiento, su dilatacion aumenta proporcionalmente con el aumento de temperatura; con escepcion del acero, cuya dilatacion para 1° es menor a temperaturas elevadas.

532. Se mide la dilatacion de los sólidos de varias maneras. Lavoisier y Laplace colocaban una barra de la sustancia por examinar en un baño de agua. Un extremo estaba fijo, y el otro suelto, tocando el cabo de una palanca que se volvia con la dilatacion de la barra y causaba un movimiento en un telescopio unido a la palanca. Por medio de este instrumento se podia leer las dilataciones de 32° a 212° sobre una escala puesta a distancias propias.

533. *Tabla de la dilatacion de los sólidos.*—En la siguiente tabla damos la dilatacion de las sustancias mas usadas en las artes, conforme a los experimentos de Lavoisier y Laplace, Dulong y Petit, Wollaston y Smeaton.

1.000,000 partes a 32° F.	A los 212° F. vienen a ser	Dilatacion.	
		lineal.	cúbica.
Cristal	1.000,811	1 en 1248	1 en 316
Platino	1.000,884	1 en 1131	1 en 377
Paladio	1.001,000	1 en 1000	1 en 333
Acero templado	1.001,079	1 en 926	1 en 309
Antimonio	1.001,083	1 en 923	1 en 307
Hierro	1.001,182	1 en 846	1 en 282
Bismuto	1.001,392	1 en 718	1 en 239
Oro	1.001,466	1 en 682	1 en 227
Cobre	1.001,718	1 en 582	1 en 194
Metal amarillo	1.001,866	1 en 536	1 en 179
Plata	1.001,909	1 en 524	1 en 175
Estaño	1.001,937	1 en 516	1 en 172
Plomo	1.002,848	1 en 351	1 en 117
Zinc	1.002,942	1 en 340	1 en 113

cion hai en los sólidos? Cómo se demuestra la dilatacion lineal? Cómo la cúbica? 531. Entre qué grados es uniforme la dilatacion de los sólidos, y entre cuales no lo es? 532. De qué manera se mide la dilatacion de los sólidos? 533. Cuál es la dilatacion absoluta, lineal y cúbica del cristal de roca? Cuál la del platino, etc.? Qué se ob-

Berthollet ha observado qne, los metales mas dilatables son en general los mas fusibles, y que los menos fusibles (como el platino) dilatan menos. La dureza y ductibilidad de los metales no parecen tener relacion alguna con su dilatabilidad.

534. La fuerza ejercida por la dilatacion y contraccion es enorme, siendo igual a la que se requiriria para prolongar y comprimir un material a la misma proporcion por medios mecánicos.

Una barra de hierro de una pulgada seccional se extiende $^{10}/_{1000}$ de nna pnlgada por cada tonelada de peso; lo qne es un efecto igual al producido por una variacion de 16° F. en la temperatura.

En un clima que se experimente un cambio de temperatura de 80° F., entre el frio del invierno y el calor del verano, como sucede en el norte de America, nna barra de hierro de 10 pulgadas de largo se prolongaria $^{5}/_{1000}$ de una pulgada, y ejerceria una fuerza de contorsion, estando sus cabos bien asegurados, ignal a cincuenta toneladas por pulgada cuadrada. No es así estraño qne las amarras y empalmaduras de hierro empleadas para robustecer la construccion de hornos, destruyen a veces la fábrica entera por la enorme fuerza ejercida por su dilatacion y contraccion.

535. *Fenómenos comunes producidos por la dilatacion de los sólidos.*—Se puede decir que no hai dia que no experimentemos algun fenómeno de la dilatacion y contraccion de sustancias con la variacion de temperatura.

El tono de un piano o arpa baja en una pieza caliente, a causa de que la dilatacion de las cuerdas es mayor que la de la caja de madera que las contiene; y al reves, sube de tono cuando el aposento está frio. Lo mismo sucede con otros instrumentos de cuerda. El maderámen de las casas cruje a veces en un dia mui cálido o mui frio por efecto de la misma espansion y contraccion. Sin duda, tienen el mismo orígen muchos *ruidos de ánimas* que aterran a personas timidas y supersticiosas en algunas partes.

Vasijas de vidrio y toda loza de barro gruesa está espuesta a qnebrarse, cuando se vierte sobre ellas subitamente agua hirviendo. Las superficies en contacto con esta, pneden torcerse o sus lados arquearse desigualmente, rompiendo el frágil material.

Los clavos se aflojan muchas veces en la madera, pnes la dilatacion y contraccion, bajo temperaturas diversas, ensancha gradualmente los agujeros. Una puerta colocada en una baranda o enrejado de hierro, se abre facilmente en dias frios; pero si hace mucho calor ofrecerá mas resistencia, porqne el hierro se ha dilatado con el calor. Los puentes de hierro sufren tambien alter-

---

serva en general de los metales? 534. Cuál es la fuerza ejercida por la dilatacion y contraccion? Ejemplo de dilatacion del hierro en los climas frios. 535. Qné efecto produce la dilatacion y contraccion de los materiales en el piano, el harpa, etc.? Cuál en la loza y cristaleria? Cuál en las construcciones de hierro? Cómo se evita

nativas con el cambio de temperatura; y se ha observado que el arco central del gran puente de Southwark (Inglaterra) levanta una pulgada en el calor del verano. El constructor debe atender á esta circunstancia en obras de esta clase. Así los enormes tubos de hierro que componen las secciones de los grandes puentes tubulares de Britannia, sobre el estrecho de Menai, en Inglaterra, y de Victoria, a traves del San Lorenzo, en el Canadá, estan montados sobre ruedas o correderas y estas sobre planchas pulimentadas de hierro, a fin de dar trecho a la dilatacion de este metal, que se ha notado variar, en la primera de las dichas obras, de media a tres pulgadas cada veinte y cuatro horas.

El monumento de Bunker Hill, un obelisco de granito de 221 pies de altura, en la vecindad de Boston, se mueve en la cumbre con los rayos del sol, de modo que describe una elipse irregular con la mocion de sus rayos. Este movimiento comienza cerca de las 7 de la mañana en los dias de sol, y llega a su máximum en la tarde. En los dias nublados no se observa este fenómeno, y una lluvia pasajera restablece la columna en su lugar; mostrando que el calor que causó esta defleccion no penetró sino a poca profundidad.

Los instrumentos astronómicos colocados en edificios elevados, son a veces desarreglados por la dilatacion de las murallas espuestas al sol. Alambres de hierro y de platino sueldan bien con el vidrio, porque difieren poco en dilatabilidad; mientras la plata, el oro y el cobre se rajan o parten en las soldaduras, porque su dilatabilidad es mayor que la del vidrio.

536. *Aplicacion hecha de la dilatacion de los sólidos.* Muchas son las aplicaciones que se hace en la industria y las artes de la dilatacion y contraccion de los sólidos, y se obtiene en ocasiones resultados que no se habrian podido alcanzar por otros medios.

Los carreteros y toneleros acostumbran hacer sus sunchos o llantas y aros de hierro un poco menos de las dimensiones necesarias, y poniéndolos en las ruedas y toneles cuando estan bien calientes, los enfrian despues con agua, con lo que se contraen y ajustan firmemente todas las partes de la pieza. Al fundir el cubo de una rueda para carros de caminos de hierro, se le deja unas hendiduras para dar lugar a la desigual contraccion de sus pesadas bordes y rayos mas livianos, pues de otro modo se quebrarian en el cubo o en la llanta durante el enfriamiento. La misma precaucion es necesaria cuando se funde piezas que tienen unas partes mas livianas que las otras. Las planchas de los calderos estan remachadas con clavos calientes al rojo, a fin que al enfriarse unan y enlacen las planchas unas con otras, con tal firmeza, como de otra manera no se conseguiria. Si el tapon de una botella se pega, puede sacarse comunmente calentando el cuello de la botella con una lámpara de alcohol, o con un paño mojado en agua caliente.

---

estos inconvenientes? Qué fenómeno se observa en el Monumento de Bunker Hill? Qué efecto causa en los instrumentos astronómicos la dilatacion? Cuál en soldadura de metales y vidrio? 536. Qué aplicaciones se hace en las artes de la dilatacion de

Las murallas del Museo de Artes y Oficios de Paris amenazaban desplomarse una vez con el peso de los arcos de la galería, pero el injeniero Molard las restebleció a su debida posicion, empleando una hilera de barras de fierro que pasaban ambos muros de uno a otro lado. Estas barras fueron calentadas con hornillas de carbon, y cuando se las hubo dado toda la dilatacion posible con el calor, se atornillaron firmemente sus tuercas de afuera hasta tocar las paredes. Entonces se dejó enfriar las barras, y a medida que se contraian estas, las murallas eran llevadas gradualmente a su aplomo; y repitiendo la misma operacion varias veces, las murallas del hermoso edificio fueron puestas en su propia base, mediante tan sencillo procedimiento. Lo mismo se hizo con la Catedral de Armagh y otros edificios en diversos lugares.

537. *Dilatacion de los líquidos.*—Todos los líquidos bajo la influencia del calórico dilatan mas que los sólidos; y esto tanto mas, que el mercurio, el menos dilatable de los líquidos, se dilata empero mas que el zinc, que es el mas dilatable de los sólidos.—El grado de dilatacion de los líquidos no es uniforme como sucede en los sólidos; y especialmente cerca de los puntos de fusion y vaporizacion estan sujetos a grandes irregularidades. Los líquidos mas volátiles son los mas dilatables.

538. La *fuerza ejercida por la dilatacion de los líquidos* es mui grande, siendo igual a la fuerza mecánica necesaria para comprimir los líquidos dilatados a su primitivo volúmen.

De esta manera la dilatacion del mercurio a los 10° F. es .0010085, y su compresibilidad para una sola atmósfera es .0000053; por tanto la cantidad de fuerza requerida para hacer recobrar al mercurio su volúmen original, despues de calentado a 10° F., es igual a 190 atmósferas ($10.085 \div 53 = 190$), o 2,850 libras de presion por cada pulgada cuadrada. Debido a esta enorme fuerza de dilatacion, sucede que las vasijas cerradas llenas de liquido rebientan cuando se las pone al calor.

539. Se llama *aparente* la dilatacion de un líquido, el aumento de volúmen que parece experimentar cuando está contenido en una vasija igualmente dilatable. Tal es el caso del mercurio y del alcohol en el termómetro. Es *absoluta* la dilatacion, si ha habido un acrecentamiento positivo de volúmen, como cuando el liquido está contenido en una vasija sin dilatabilidad.

540. La dilatacion de los líquidos por el calor se determina de varias ma-

los sólidos? Cómo se valen de ella los carreteros y toneleros? Cómo en la fundicion de ruedas y otras piezas con pesos desiguales? Qué aplicacion hizo de ella el injeniero Molard? 537. Cuál es la dilatabilidad de los liquidos? 538. Cuál es la fuerza de dilatacion ejercida por los liquidos? Ejemplo en el caso del mercurio. 539. Qué es dilatacion aparente y absoluta de los liquidos? 540. Cómo se determina

neras: a veces por medio de instrumentos parecidos en la forma al termómetro, observando el alza del líquido en el tubo; otras llenando un vaso de vidrio con algun líquido de peso conocido, y midiendo despues el volúmen derramado por un dado incremento de temperatura. Sabiéndose la dilatacion que sufre el vidrio, puede calcularse entonces la dilatacion absoluta.

541. *Tabla de las dilataciones de los líquidos.*—Los líquidos se dilatan mui desigualmente por cada aumento dado de calor; por lo que no se ha podido determinar fijamente la ley de su dilatacion. Generalmente los mas dilatables líquidos son aquellos que tienen el punto de ebullicion mas bajo. Los que tienen alto el punto de ebullicion, sufren una dilatacion corta pero regular, especialmente a temperaturas inferiores a sus puntos de ebullicion. Los resultados obtenidos por Dalton respecto a la dilatacion aparente de diversas sustancias estan consignados en la siguiente tabla, en la que no se ha corregido la diferencia resultante de la dilatacion en los vasos de cristal.

ENTRE 32° Y 212° F.

1,000,000 de partes	de	mercurio vienen a ser...	1,018,153	1 en 55.
"	"	agua pura	1,046,600	1 en 21.3
"	"	ácido sulfúrico	1,058,823	1 en 17.
"	"	clorídrico.............	1,058,823	1 en 17.
"	"	aceite de trementina....	1,071,428	1 en 14.
"	"	éter sulfúrico	1,071,428	1 en 14.
"	"	aceites fijos	1,080,000	1 en 12.5
"	"	alcohol	1,111,000	1 en 9.
"	"	ácido nítrico	1,111,000	1 en 9.

De esta tabla se infiere claramente, que una persona que compre los licores en el invierno, obtendrá un mayor peso del mismo artículo, en la misma vasija, que si lo hubiera comprado en el verano. Así 20 galones de alcohol comprados en enero (tiempo medio del invierno en los E. U.) se convertirian, con el aumento de temperatura ordinaria aquí, en 21 galones en julio.

542. *Máximum de densidad del agua.*—El agua ofrece el notable fenómeno de no calentarse mas arriba ni enfriarse mas abajo de la temperatura de 39°.2 F., siendo este punto el *máximum de su densidad.* Bajo este aspecto, forma una excepcion a la lei general de la dilatacion de los líquidos sometidos al calórico. Cuando se enfria del punto de ebullicion, se contrae, y por consiguiente aumenta en densidad hasta llegar a los 39°.2 F., o 7 grados mas arriba del punto de congelamiento. Mas abajo de esta tempe-

---

la dilatacion de los líquidos? 541. Hai una lei para la dilatacion de los líquidos? Cuál es la dilatacion del mercurio, agua, etc.? Qué resultado produce el cambio de temperatura en los licores? 542. Qué particularidad ofrece el agua respecto de los otros líquidos? 543. Qué experimento singular se hizo con la dilatacion del

ratura, aumenta de volúmen y se congela hasta llegar a los 32°.

543. La fuerza con que se dilata el agua al congelarse es casi increible. En las latitudes frigidas, rebienta los caños, las jarras y otras vasijas que se hayan dejado descuidadamente con este liquido. En Montreal, Canada, sucedió que una bomba cargada de agua y tapada firmemente con un tarugo de hierro, hizo explosion con gran estrépito, por efecto de un extremo frio, arrojando el tarugo a 400 pies, y en su lugar salió del agujero un reborde cilindrico de hielo de 8 pulgadas de largo. Grandes masas de roca se parten a veces por la dilatacion del agua congelada en sus hendiduras y cavidades.

Esta misma dilatacion y consiguiente rarefaccion del agua impide que cuerpos mui grandes de agua se congelen del todo, pues solo las partes superficiales en contacto con el aire mui frio se solidifican, y el resto permanece liquido sin cambiar aun de temperatura. El Lago Superior y los lagos de los Alpes conservan su misma temperatura (el primero 4° y los últimos 32°.2 F.) durante el verano y el invierno, a poca profundidad de la superficie helada. En el fondo del océano la temperatura está siempre bajo el punto mas alto de densidad, que es mas bajo en las soluciones salinas que en el agua pura. El máximum de densidad del agua del mar es, por eso, de 25°.70; y en general, los liquidos van bajando del grado de congelacion en proporcion a la cantidad de sal disuelta.

544. *Dilatacion de los gases.*—Los gases y vapores sometidos a la influencia repulsiva del calórico, se dilatan con el aumento igual de temperatura a proporciones mayores que los sólidos o los líquidos.

La dilatacion del aire y de todos los gases, puede mostrarse introduciendo en el agua el extremo abierto de un tubo que remate en una esfera. La mas pequeña elevacion de temperatura, aun el calor de la mano, basta para dilatar el aire en la esfera, haciendole salir en burbujas sobre el agua. O tambien, llenese de aire una vejiga, pongásela cerca del fuego, y rebentará con la dilatacion del aire confinado en ella.

545. Puede establecerse, sin errar gran cosa, que el aire, así como los gases y vapores, se dilatan por termino medio $^1/_{491}$ de su volúmen por cada grado del termómetro Fahrenheit. Del punto de congelacion al punto de ebullicion, aumentan, por tanto, mas de una tercera parte de su volúmen: 1,000 partes a los 32°, vienen a ser 1,366 partes a los 212° F. Esto se ve por la siguiente enumeracion:

Hidrógeno	$\frac{1}{491.6}$	Nitrógeno	$\frac{1}{490.7}$	Acido sulfuroso	$\frac{1}{461.2}$
Oxido de carbono	$\frac{1}{490.6}$	Acido carbónico .	$\frac{1}{485.2}$	Protóxido de nitrógeno	$\frac{1}{483.9}$
Aire atmosférico .	$\frac{1}{490.7}$	Cianógeno	$\frac{1}{464.3}$		

hielo? Qué es lo que impide la congelacion de las masas de agua? Cual es la temperatura de los lagos Superior y de los Alpes? Qué efecto causa la disolucion salinas en los liquidos? 544. Cuál es la dilatabilidad de los gases? Como se de-

De la manera de determinar la densidad o peso específico de los gases, líquidos y sólidos hemos tratado en otro lugar (§§ 325, 329, 331).

546. Fusion.—El tránsito de un cuerpo del estado sólido al líquido por la influencia del calor, es lo que se llama *fusion.* Tambien se la denomina *liquefaccion*, aunque este nombre se reserva mas bien para la condensacion de los vapores en líquidos.

El primer efecto del calor sobre los cuerpos es la dilatacion, mas esta tiene su límite, y mas allá de este el sólido se convierte en liquido. El poder de cohesion está subordinado al de repulsion, y entonces resulta la fusion. Hai muchas sustancias, como el papel, la madera, la lana y ciertas sales, que no se funden por la accion de temperatura alguna, sino que se descomponen. Entre todos los cuerpos simples, solo se conoce uno, el carbono, que no haya sido fundido hasta ahora, aun a los mas intensos focos de calor. Con todo, el profesor americano Silliman, padre, y M. Despretz, consiguieron, sometiéndolo a la accion de una corriente electrica mui poderosa, reblandecer este cuerpo hasta volverlo flexible, lo cual indica un estado próximo a la fusion. Tales sustancias duras para fundirse, toman el nombre de *refractorias;* y son, a mas de la dicha, el sílice, la barita, la alúmina, que ceden solo al soplete o a la accion de una bateria galvánica.

547. *Leyes de la fusion.*—La esperiencia demuestra que la fusion de los cuerpos obedece a las dos leyes siguientes:

1°. *Todo cuerpo entra en fusion a una determinada temperatura, invariable para cada sustancia, si la presion es constante.*

2°. *Sea cual fuere la intensidad de un manantial de calor, cesa de subir la temperatura, permaneciendo constante desde el momento en que principia la fusion hasta que termina por completo.*

548. Damos aquí una lista del punto de fusion de varias sustancias, conforme a la autoridad de Regnault, Scrötter, Person y otros:

Mercurio	—39° F.	Sodio	190° F.	Zinc	773° F.
Hielo	32°	Azufre	239°	Antimonio	963°.6
Fósforo	111°.5	Estaño	451°	Plata	1873°
Potasio	131°	Bismuto	518°	Cobre	2004°.8
Cera amarilla	143°.6	Plomo	633°.2	Oro	2016°

muestra? 545. En qué proporcion se dilatan los gases? Cuál es la proporcion de dilatabilidad del hidrógeno, ácido carbónico, etc.? 546. Qué es la fusion? De qué proviene, y qué se opone a ella? 547. Cuáles son las leyes de la fusion? 548. A qué grado se funde el mercurio, el hielo, el zinc, etc.? 549. Qué es el calórico

549. *Calórico latente.*—Durante el tránsito de un cuerpo de sólido a líquido, o de un líquido a gas o vapor, desaparece una cierta cantidad de calórico que no es perceptible al termómetro o los sentidos, segun la lei 2ª de fusion antes asentada. Esto es lo que se designa con el nombre de *calórico latente* o *calórico de fusion.*

Esta absorcion de calórico por los cuerpos en fusion se demnestra con el siguiente experimento: Haced que una libra de bielo y otra de agua, cada una de ellas con una temperatura de 32°, sean sometidas a un mismo manantial de calor en vasos exactamente iguales. Cuando el hielo ha sido derretido, se hallará que el agna a que ha sido reducido tiene todavía una temperatura de 32°; mientras la temperatura de la otra libra de agua se ba elevado de 32° a 174°. Como ambos ban recibido una misma cantidad de calor, se dednce que los 142° que han desaparecido, han sido empleados en fundir el hielo en agua, y se han convertido cn calórico latente, para mantener el bielo en estado liquído.

Si se mezcla tambien una libra de agua a 212° con una libra de biclo pulverizado a 32°, cuando el todo se babrá disuelto en dos libras, se hallará una temperatnra de solo 52°: el hielo gana 19° y el agua pierde 161°. Se ve,por esto,de nuevo que 142° ban desaparecido o convertidose en calórico latente.

550. *Mezclas frigoríficas.*—Se ha utilizado para producir frios artificiales, mas o menos intensos, la absorcion dcl calórico en estado latente por los cuerpos qne pasan de sólidos a liqnidos. Se consigue este resultado mezclando snstancias que tengan entre sí afinidad, y que una de ellas por lo menos sea sólida, tales como el agua y una sal, hielo y una sal, un ácido y una sal. Como la afinidad química acclera entonces la fusion, la parte fundente quíta al resto de la mezcla una gran cantidad de calórico que se hace latente, resultando de aquí un descenso de temperatura a veces mui considerable.

La mezcla frigorífica mas usada es la de sal 1 parte, y bielo o nieve 2 partes, que es la empleada generalmente para hacer los belados. Con esta mezcla puede mantenerse una temperatura de 4° o 5° bajo cero. Una solucíon de iguales partes de nitro y sal amoniaca, rednciră una temperatura de 50° a 10° F. Thilorier obtuvo una temperatura de 120° bajo cero con una mezcla de ácido carbónico sólido y ácido sulfúrico, o éter sulfúrico. Con las mismas mezclas, Mitcbell consiguió despues reducir una temperatura a —130° y —146° F.—En la fusion de mezclas metálicas, ocurre tambien un descenso parecido de temperatura. Una mezcla de 207 partes plomo, 118 estaño y 284 bismuto disuelta en 1,617 partes de mercurio, bace bajar la temperatura de los 63° a 14° F.

551. *Solidificacion.*—La solidificacion o congelacion es el paso del estado líquido al sólido. Este fenómeno se balla siempre sometido a las dos leyes siguientes que son las recíprocas de la fusion: 1°. La solidificacion se efectua

---

de fusion? Cómo se demuestra sn presencia en la fusion? 550. Qué son mezclas frigoríficas y como se prodncen? Cuáles son las mas comunes? 551. Qué es solidifi-

en cada cuerpo a una temperatura fija, que es precisamente la de su fusion; 2°. desde el momento que principia hasta que termina la solidificacion, no varía la temperatura del liquido.

Muchos líquidos, como el alcohol y el éter, no solidifican aunque se les someta a los mayores frios conocidos. Con todo, M. Despretz consiguió dar al alcohol gran consistencia, mediante una mezcla de óxido nitroso líquido, ácido carbónico y éter.

552. *Cristalizacion.*—Por punto general, los cuerpos que pasan lentamente del estado líquido al sólido, afectan determinadas formas geométricas llamadas *cristales*, como tetráedros, cubos, prismas, romboedros, etc. Si se solidifica un cuerpo en fusion, como el azufre o bismuto, se dice que se efectua la cristalizacion por *via seca;* mas si se halla aquel disuelto en un líquido, se dice que tiene lugar por *via húmeda.* Dejando que evaporen lentamente los liquidos que tienen sales en disolucion, se consigue que estas cristalicen. La nieve, el hielo y las sales nos ofrecen ejemplos de cristalizacion.

553. *Solucion y saturacion.*—Cuando un sólido sumergido en un líquido desaparece gradualmente, el procedimiento se llama *solucion.* Así se disuelve el azúcar, la sal, etc., en el agua. La solucion es el resultado de una adhesion que existe entre las partículas de un líquido y las de un sólido.—Se dice que un líquido está *saturado,* cuando a una temperatura dada ha disuelto cuanto es posible de un sólido.

554. *Formacion del hielo.*—El agua se congela a 32°, mas hai circunstancias en que se la puede enfriar hasta 22° y estar líquida aun; como cuando está tranquila o en vasos cerrados. Con todo, si el agua es turbia o contiene ácido carbónico, se solidifica siempre a 32°. El agua salinosa del mar, como queda dicho, se congela menos presto que la dulce—a los 27°.

El hielo presenta el singular fenómeno de ser menos denso que el agua; pues, en efecto, hemos visto que por el enfriamiento, no se contrae el agua sino a 39°, aumentando de volúmen a partir de este punto. Este aumento persiste y crece aun en el acto de la congelacion, de manera que se dilata hasta a una séptima parte de su volúmen; por lo cual el hielo viene a ser especificamente menos pesado que el agua, y flota así sobre ella.

555. El hierro colado, el antimonio, el laton, el zinc y el bismuto tambien se dilatan por el enfriamiento, a causa de que las partículas asumen formas cristalinas con intersticios entre sí.

---

cacion? Bajo qué leyes se efectua? Qué líquidos no se solidifican? 552. Qué es cristalizacion? Cuándo se dice efectuarse por la via seca, y cuando por la húmeda? 553. Qué se llama solucion y qué saturacion? 554. Cómo se forma el hielo? Qué particularidad se nota en el hielo? 555. Qué metales se dilatan con el enfriamiento y

Esta circunstancia hace que estos metales se empleen para la fundicion de artículos de artes e industria, porque pueden reproducir impresiones firmes y seguras. Todas las ligas metálicas usadas con este objeto, deben, por eso, contener alguno de los dichos metales. El metal para tipos, es una composicion de 3 partes de plomo y 1 de antimonio; el metal amarillo o bronze, tiene 2 partes de cobre y 1 de zinc; y el metal de campana, 7 cobre y 2 de estaño. El cobre, el plomo, el oro, la plata y casi todos los metales se contraen mas bien por el enfriamiento; y por tanto se estampan, se sellan o se elaboran.

556. VAPORES.—Llamamos *vapores* a los flúidos aeriformes en que por la absorcion del calórico se trasforman muchos líquidos, como el éter, el alcohol, el agua y el mercurio. Se dicen estos *volátiles*, cuando tienen la propiedad de pasar al estado aeriforme, y *fijos* los que no dan vapor a ninguna temperatura, como los aceites grasos.

Hai cuerpos sólidos, tales como el hielo, el arsénico, el alcanfor, y en general, las materias odoríficas, que dan inmediatamente vapores sin pasar por el estado líquido. Los vapores son trasparentes como los gases, y carecen comunmente de color; y solo un corto número de líquidos colorados dan vapores tambien colorados.

557. VAPORIZACION.—El paso de un cuerpo del estado líquido al de vapor, se llama *vaporizacion.*

La evaporacion ocurre tranquilamente solo en la superficie de los líquidos, como en la trasformacion insensible del agua en vapor en una vasija abierta; la *ebullicion* es la rápida formacion del vapor en toda la masa de un líquido, produciendo mas o menos agitacion; y *sublimacion* es el cambio de sólidos en vapores sin el intermedio de la fusion o estado líquido.

558. No es esencial un alto grado de calor para producir la vaporizacion, pues esta puede efectuarse a una temperatura mas baja del punto de ebullicion. Aun a la temperatura ordinaria, el agua, muchos liquidos y algunos sólidos dan vapor. El mercurio, por ejemplo, cuyo punto de ebullicion está marcado a 662°, se evapora a todas las temperaturas arriba de los 60° F., como lo ha probado Faraday. Una hoja de oro colgada del corcho de un frasco con mercurio, fué hallada a los seis meses emblanquecida con el vapor del mercurio. Por esto se percibe a veces ciertos glóbulos metálicos en el vacío de Torricelli. El iodo, el alcanfor y otros sólidos evaporan tambien a la temperatura ordinaria. El hielo y la nieve desparecen en ocasiones durante un tiempo frio sin haberse antes derretido.

559. *Fuerza elástica del vapor.*—Los vapores, lo mismo

---

qué uso se hace de esta circunstancia en las artes? 556. Qué son los vapores? Cuándo son volátiles y cuándo fijos? Qué cuerpos se evaporan sin pasar a líquidos? 557. Qué se llama vaporizacion? Qué es ebullicion? Qué sublimacion? 558. A qué grado se verifica la vaporizacion? Qué experimentos se ha hecho a este respecto?

que los gases, tienen una fuerza elástica, en virtud de la cual ejercen una presion mas o menos considerable en las paredes de las vasijas que los contienen. Varios son los aparatos y procedimientos inventados para medir la tension elástica de los vapores. El agua es, con todo, el único líquido cuyo vapor, por la importancia de sus aplicaciones, ha fijado mas la atencion de los físicos.

De los experimentos ejecutados por Regnault, resulta que la tension del vapor de agua a iguales distancias sobre y bajo el punto de ebullicion, es como sigue: 40° sobre el punto de ebullicion, es decir, a los 252° F., hai una presion de 63.14 atmósferas por pulgada cuadrada; 20° sobre el mismo, 232° F., 44 atmósferas; en el punto de ebullicion, 212° F., 30 atmósferas; 20° bajo el punto de ebullicion, 192° F., 19.87 atmósferas; 40° bajo el mismo, 172° F., 12.78; 60° mas bajo, 152° F., 7.94; 80° mas abajo, 132° F., 4.67.

560. *Causas que aceleran la evaporacion.*—La evaporacion se produce lentamente en la superficie de un líquido. Por efecto de una evaporacion espontanea se secan al aire las telas mojadas, o una vasija destapada y llena de agua se vacia por completo con el tiempo. A la evaporizacion que se efectua en la superficie de los mares, de los lagos, de los rios y del suelo, deben su orígen los vapores que se encuentran en la atmósfera, condensándose en ella para constituir las nubes y resolverse luego en lluvia.

Cinco son las causas que influyen en la cantidad y rapidez de la evaporacion de un liquido: 1°. La *extension de la superficie* que ofrece al aire, y por esto es que se usan vasijas anchas y abiertas en la elaboracion de la sal u otros objetos semejantes; 2°. la *temperatura*, que aumenta la fuerza elástica del vapor, siendo resultado de esto el que el punto de ebullicion marca tambien el máximum de evaporacion; 3°. la *cantidad de vapor del mismo líquido contenido ya en la atmósfera ambiente;* puesto que la atmósfera no puede disolver mas que una cantidad dada de vapor, y la evaporacion cesa cuando el aire está saturado, y es mayor si está seco; 4°. el *renovamiento de aire*, si hai corrientes de aire que remuevan continuamente el aire saturado; y 5°. la *presion sobre la superficie del liquido*, a causa de la resistencia que aquella ofrece a la produccion del vapor.

561. Si el aire saturado de humedad se enfria, una parte de esta se precipita en *rocio*. La temperatura a que comienza esta cambio, se llama el *grado o punto de rocio*.

---

559. Tienen los vapores fuerza elástica? Cuál la tension del vapor de agua? 560. Qué efectos produce la evaporacion del agua al aire? Cuántas son las causas que aceleran la evaporacion? Enumerad y explicad cada una de ellas. 561. Cómo se produce el

562. *Ebullicion.*—Como lo hemos dicho ya, la ebullicion no es mas que una produccion rápida de vapor, en burbujas mayores o menores, en la masa misma de un líquido.

En una vasija de cristal se puede observar distintamente los fenómenos do la ebullicion Al calentarse primero el liquido, el aire disuelto es expulsado en burbujas pequeñas; y a medida que aumenta el calor, se forman burbujas de un vapor trasparente e invisible en el fondo de la vasija. Estas van disminuyendo en tamaño con la elevacion, y se condensan al fin, ocasionando el ruido que llamamos *hervir*. Despues de algun tiempo, cuando la masa del liquido ha obtenido una temperatura uniforme, las burbujas van creciendo así que suben a la superficie, lo que es resultado de la evaporacion de las superficies interiores y de la menor presion a que estan sujetas. Cuando han llegado el aire externo, a la superficie del líquido, se condensan en un vabo nebuloso que denominamos vapor, aunque en realidad no es mas que agua en pequeñísimos glóbulos.

563. *Grado a que se efectúa la ebullicion.*—Todos los líquidos que admiten la ebullicion, tienen un punto determinado al cual esta se verifica. En la nomenclatura siguiente está señalado el punto de ebullicion de varios líquidos, conforme a las mejores autoridades, reduciéndolos a la presion atmosférica de 29.92 pulgadas.

Acido sulfuroso	17°.6 F.	Agua	212°.0 F.	Eter sulfuroso.	320°.0 F.
Eter..........	94°.8	Acido nítrico.	241°.0	Acido sulfúrico	589°.2
Bromino......	145°.4	Esencia de trementina....	565°.5	Mercurio......	652°.0
Alcohol.......	173°.1			Aceite de linaza	597°.0

Los sólidos disueltos en los líquidos elevan el punto de ebullicion en proporcion a la cantidad disuelta. Asi la solucion saturada de sal comun hierve a 227° F.; una de nitro a 240°; una de carbonato de potasa a los 275°; y la de carbonato de soda a los 220°. Esto se explica por la adhesion entre sólidos y líquidos que se oponen a la fuerza repulsiva del calor.

Tambien influye en la ebullicion el material de que estan hechas las vasijas, a causa probablemente de los varios grados de afinidad entre el líquido y la superficie de los vasos. En las vasijas metálicas el agua hierve a 210° y 211°; pero si se las limpia con ácido sulfúrico, hervirá a los 221° y mas, sin levantar burbujas. Con todo, unos pocos granos de arena, un pedacito de alambre, un pedazo pequeño de carbon, arrojados en el agua hacen desaparecer esta desigualdad.

564. Siendo la ebullicion una formacion rápida de va-

rocío? 562. Qué viene a ser la ebullicion? Mostrad la formacion gradual de ebullicion, y el desarrollo que sigue? 563. A qué grado se verifica la ebullicion del agua, del ácido sulfuroso, del alcohol, etc.? Qué circunstancia baja la temperatura de ebu-

pores de la misma elasticidad de la atmósfera ambiente, es claro que si la presion de esta disminuye, tambien bajará el punto de ebullicion; y si aumenta, se elevará proporcionalmente.

Hemos visto demostrado esto en el § 440. En general, los líquidos hierven en el vacío a una temperatnra de 70° a 14 bajo el punto de ebullicion en el aire. Por efecto de la presion atmosférica, hierve tambien el agua en las altas montañas a una menor temperatura, e inversamente cuando se baja en las minas. Por experimentos actuales, se ha verificado que una altura de 596 pies produce una variacion de 1° F. en el grado de ebullicion. A la elevacion del Hospicio de S. Gotardo, 6,808 sobre el nivel del mar, el agua hierve a los 23°.7; en Macuipampa, Peru, a 11,870 pies del nivel del mar, 19°.2; en Quito, 9,541 pies sobre el nivel del mar, a 20°.75; en Méjico, 7,471 pies sobre el mar, 22°.52 F., etc.

M. Regnault ha ideado recientemente un aparato para medir la elevacion de nn lugar por el grado a que se efectua en él ebullicion del agua, y que él llama el *hypsómetro.*

Merece notarse aquí un aparatito mui sencillo, llamado el *hervidero de Franklin* (fig. 218), para demostrar la influencia de la presion en la temperatura de ebullicion. Consiste de dos esferas de vidrio unidas por un tubo, en una de las cuales se introduce agua por una punta o pico. Esta se hace hervir a la lámpara, y luego que el aire ha sido expulsado, se cierra la abertura fundiendo el vidrio. Hecho así el vacío, basta el simple calor de la mano para dar una tension al vapor que hace refluir el agua a la otra esfera, causando una fuerte ebullicion.

Fig. 218.

565. Estos hechos han sido aplicados con ventaja para concentrar extractos vegetales, el guarapo o jugo de azúcar, etc., disminuyendo la presion y poniéndolos bajo una temperatura a la que estan fuera del peligro del calor. En la elaboracion del azúcar, se concentra esta en una grande vasija cerrada de cobre, llamada *paila al vacío,* a una temperatura de 150° F., mediante el auxilio de una bomba de aire y el condensador o resfriadera qne remueve los vapores.

566. Papin, un médico frances muerto en 1710, estudió primero los efectos de la produccion del vapor en vasijas cerradas, una materia de gran importancia para las artes industriales. Su aparato consistia de un caldero de mucha fuerza provisto de una válvula, usada por la primera vez, y un arco de atornillar para sujetar la tapa. Se le conoce con el nombre de *digeridor* o *marmita de Papin.*

Es evidente que se puede obtener vapor a cualquiera temperatura, si se

llicion? Cómo influye en ella el material de las vasijas? 564. Qué influencia ejerce la presion en la temperatura de ebullicion? A qué grado se verifica la ebullicion en varias alturas? Quién inventó el hyprómetro y para que sirve? Cómo se demuestra el efecto de la presion con el hervidero de Franklin? 565. Qué aplicacion se ha hecho de este principio? 566. Quién estudió primero los efectos del vapor en las va-

encontrara una vasija de suficiente fortaleza para resistir la correspondiente presion. Mr. Perkins logró formar en un caldero mui fuerte un vapor que hacia arder la estopa y otros combustibles, y los caños conductores del agua caliente, bajo una gran presion, han incendiado casas. El agua y el vapor tienen aquí, bajo presion, una misma temperatura. Un vaso vacío, o lleno solo con vapor, es presto despedazado por el calor, pero mientras haya agua en él, el calórico no puede acumularse mucho porque es absorbido por la evaporacion. Así puede calentarse agua en una vasija de madera por medio de caños conductores de vapor; y tanques de madera llenos de agua no han sido tocados en un incendio, aunque el líquido estuviese hirviendo.—Se utiliza una alta temperatura de vapor para extraer la gelatina de huesos, y ejecutar otras soluciones y destilaciones, que no se conseguirian a una temperatura de 212°.

567. *Produccion de frio por la evaporacion.*—Un líquido se enfria sensiblemente, si a la evaporacion no recibe tanto calor como pierde; y esto es tanto mas notable, cuanto mas rápida es la evaporacion.

El agua de colonia, el ron de laurel o el éter con que empapamos la superficie de la cútis, se evaporan produciendo una frialdad mui perceptible, por razon de la rápida absorcion del calor humano en la evaporacion. Partes o miembros del cuerpo pueden así enfriarse o entorpecerse, a fin de que no se sienta el dolor de una operacion quirúrgica. Asi tambien una lluvia o riego refresca la atmósfera, y la leña verde no da tanto calor, por que la humedad reducida a vapor absorbe mucho calórico. Las ropas mojadas son dañosas a la salud por la gran pérdida de calor humano que ocasionan con la evaporacion, impidiendo así la libre circulacion de la sangre. En los paises cálidos se enfria el agua a una temperatura agradable, poniéndola al aire en vasijas de tierra porosa. En la India, los habitantes hielan el agua por la evaporacion ayudada de la irradiacion, estando la noche serena y el aire a una temperatura que no baje de 40°. Se emplea para este objeto unas vasijas de loza anchas y poco profundas, que colocan en hoyos o cavidades, rodeándolas de paja para que intercepten la radiacion terrestre. La produccion del hielo en el vacío queda demostrada en el § 441.

568. Durante la evaporacion, una gran cantidad de calórico desaparece o se hace latente. Segun Regnault, el calórico latente del vapor es 967°.5. Hai varios medios para determinar este. Uno de ellos es colocar una vasija con agua a la temperatura de 32° sobre un manantial de calor, que reciba iguales adiciones de calórico en tiempos iguales. Nótese el tiempo requerido para elevar la temperatura a 212°. Si se alimenta el calórico hasta que toda el agua se ha hecho vapor, se hallará que el tiempo ocupado para la evapo-

---

sijas cerradas? Cuál era su digeridor? Qué experimentos hizó Perkins? Qué aplicaciones tiene este principio? 567. Se puede enfriar un líquido por la evaporacion? Por qué produce un efecto refrescante el agua de colonia, etc.? Qué otros efectos se obtiene por la evaporacion? Cómo se hiela el agua en la India? 568. Cuál es el ca-

racion fué $5^1/_2$ veces el reqnerido para calentar el agua a 180°, es decir, de 32° a 212°. Por consiguiente, $5^1/_2$ veces tanto calor es absorbido durante la evaporacion del agua, como el que se reqniere para hacerla hervir. El calor latente viene, entonces, a ser como 990° (180° × $5^1/_2$).

569. Durante el paso de un líquido a vapor, se desarrolla una cierta fuerza mecánica. La cantidad de esta fuerza depende de la presion del vapor y del aumento de volúmen que experimente el líquido.

Cada volúmen de diferentes liquidos produce sumas desiguales de vapor a la temperatura de ebullicion respectiva.

1 pulg. cúbica	de agua	dilata a	1696	pul. cúb. de vapor	a la	temperatura	de	ebullicion.
1 "	de alcohol	"	528	"	"	"		"
1 "	de éter	"	298	"	"	"		"
1 "	de trementina	"	193	"	"	"		"

Aunque el calórico latente de iguales pesos de otros vapores sea menos que él de agua, sin embargo no se ganaria ventaja alguna en procurarse vapor de aquellos en vez de esta; porque iguales volúmenes de vapor alcohólico y acuoso contienen casi la misma suma de calor latente a la respectiva temperatura de ebullicion, y lo mismo pasa con otros líquidos. El costo del combustible para generar vapor estaria en proporcion a la cantidad de calórico latente en iguales volúmenes de vapor.

570. Liquefaccion de los vapores.—La *liquefaccion* o *condensacion* de los vapores, es su paso del estado aeriforme al líquido. Este se verifica de tres maneras: 1°. por el enfriamiento; 2°. por la compresion; y 3°. por afinidad química. Cuando los vapores o gases han sido condensados a líquidos, emiten la misma cantidad de calórico que absorbieron o hicieron latente al tiempo de asumir su condicion aeriforme.

571. *Destilacion.*—Este procedimiento depende de la formacion rápida de vapor durante la ebullicion, y de la condensacion del vapor por el enfriamiento.

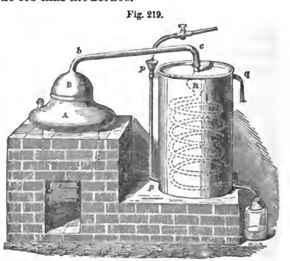
La destilacion se usa: 1°. para la separacion de los flúidos de los sólidos, tal como en la destilacion del agua comnn para separar las impurezas que contenga; 2°. para la separacion de líquidos mas volátiles los unos que los otros, así como en la destilacion de licores fermentados, en la que se separa los espíritns volátiles de la materia acuosa.

---

lórico latente del vapor? Cómo se mide este? 569. Qué constituye la fuerza mecánica del vapor? Qué cantidad de vapor produce el alcohol, el éter, etc.? Serian preferibles estos al agua para formar vapor? 570. Qué es liquefaccion? De qué modos se verifica? 571. Qué es destilacion, y para que sirve? 572. Qué son los

572. *Alambiques.*—El aparato que sirve para la destilacion, se llama alambique, y los hai de diversas clases, segun el uso especial a que se le destina. El que se representa en la fig. 219, es uno de los mas antiguos, y su invencion se atribuye a los árabes, y contiene esencialmente las mismas partes de los mas modernos.

Fig. 219.



Consta este de tres partes: primero viene el *caldero* sobre una hornilla, A; despues, el *cabezote* o capitel, B; y en seguida el *serpentin*, un largo tubo de estaño o cobre arrollado en hélice, y colocado en una cuba llena de agua fria, vulgarmente dicha la *enfriadera*. La sustancia que se va a destilar se pone en la caldera, y encendiendo fuego debajo, pronto se forma el vapor. Pasando este por el *pico* o caño *b c*, entra en el serpentin, que condensa el vapor enfriándolo, y de ahí fluye a la vasija preparada para recibirlo. Para que el vapor se condense, es necesario que el agua en la enfriadera se mantenga fria, y con este objeto se sostiene una corriente continua de agua fria vertida en ella por el caño *p p*, mientras otra corriente de agua media caliente con el vapor sale constantemente por el caño *q*. Por este medio se obtiene una agua perfectamente purgada de toda la materia salinosa o terrestre, que por la disolucion ha quedado depositada en la caldera y no se ha vuelto vapor. El mismo aparato sirve para destilar licores espiritnosos del grano, del vino, uva fermentada, etc.

573. Cuando se propone destilar pequeñas cantidades, como en las operaciones ordinarias del laboratario, se emplea retortas y frascos, hechos de vidrio, a veces de porcelana o loza. Si se trata de separar líquidos mezcla-

---

alambiques? Haced una descripcion de uno de ellos. 573. Cuál es el uso de la re

dos de desigual volatilidad, como agua y alcobol, los varios éteres y esencias, la operacion se hace por la *destilacion fraccional.* En los laboratorios se procede cambiando el recipieute de tiempo en tiempo, segun lo indiqnen la temperatnra de ebullicion y la gravedad especifica de los liquidos.

En los alambiques y establecimientos de destilacion por mayor, se concentra el alcohol y otros líquidos por una sola destilacion, sirviéndose de un aparato de recámaras sucesivas, en el cual los productos se condensan en el órden inverso de sn volatilidad, y el calórico latente libertado por la condensacion de los mas condensibles, sirve para sostener los mas volátiles en evaporacion para las próximas recámaras, etc.

574. Estado esferoidal.—Si se vierte un líquido a gotas sobre superficies metálicas enrojecidas al fuego, se notará que no se extiende el líquido, mojando el metal, como sucede a la temperatura ordinaria, sino que toman aquellas la forma de un globo aplanado, y se dice por tanto que el líquido ha pasado al *estado esferoidal.*

Este fenómeno babia sido observado desde 1746, y Liedenfrost, Doberciner, Laurent y otros babian llamado la atencion a él; pero el becbo habia quedado casi desconocido, hasta que Boutigny ha venido en estos últimos años a explicarlo con experimentos cnriosos e interesantes. Este físico ha notado que el agua en este estado, adquiere un rápido movimiento giratorio sobre el fondo de la cápsula o snperficie metálica, y que no entra en ebullicion, sino qne se evapora con snma lentitnd; pero cuando se ba enfriado el metal a una cierta temperatura, el agua entra en una ebullicion violenta y moja las paredes como de ordinario. Todos los líquidos pueden tomar el estado esferoidal, cada uno segun el punto mas o menos alto de su ebullicion. En el agua, por ejemplo, es necesario una temperatura en la plancha de 340°, o al menos de 288°, mientras que para el alcobol y el éter basta la temperatura de 273° y 142° respectivamente.

574. Tambien se observa que la temperatnra de los líquidos en el estado esferoidal es constantemente inferior a la de su ebullicion. Así la temperatura del agua es de 205°.7; la del alcobol, 167°.9; y 93°.6 la del éter. Esta singularidad indujo a Boutigny al extraordinario experimento de congelar el agua y aun el mercurio en nn crisol o cápsula incandescente. Puso este físico un poco de ácido sulfuroso líquido en el crisol en ascuas, el que asumió la forma esferoidal, y añadiéndole un poco de agua se enfrió a la temperatura de 32° bajo el punto de congelamiento, formándose el hielo. Faraday repitió el experimento con mercnrio, obteniendo igual resultado.

575. Hai una especie de repulsion entre el esferoide y la snperficie incandescente, por lo que no se produce contacto entre el liquido y el cuerpo

---

torta? Cómo se separan líquidos mezclados en los laboratorios? Cómo en las destilaciones por mayor? 574. En qué consiste el fenómeno de estado esferoidal de un líquido? Quién ha observado mejor este fenómeno y que particularidades ofrece? 574. Cuál es la temperatura de los líquidos en estado esferoidal? Cómo se forma

que lo recibe. Esto se manifiesta patente poniendo una bujia en la línea de la placa, o superficie sobre que se produce el fenómeno, y la vista, pudiéndose distinguir la luz por entre el esferoide y la placa.

Fig. 220.



Del mismo modo, si se calienta una gruesa y pesada cápsula hasta que esté blanca, y despues con un movimiento vivo se la llena de agua enteramente, y se la coloca en una base por algunos segundos, hasta que se haya enfriado al punto en que se produce contacto entre el liquido y el metal, el agua antes tranquila estalla en un hervor violento casi explosivo, y es arrojada en todas direcciones, como se deja ver en la fig. 220.

576. *Aplicaciones del estado esferoidal.*—Por la razon o principio antes espuesto, puede meterse la mano en el hierro derretido, o pasarla por un chorro derretido de cobre fundido, etc., sin daño alguno. Estando la temperatura a una altura suficiente, la humedad de la mano asume el estado esferoidal y se interpone entre la cútis y la masa derretida. Sin embargo, si se tuviere la imprudencia de pasar rapidamente la mano por el metal fundido, se operaria el contacto mecánicamente, con fatal efecto para el experimentador. Así mismo, se puede humedecer un dedo con éter y sumergirlo en el agua hirviendo sin causar molestia.

Se cree poder esplicar por estos fenómenos las explosiones que ocurren a veces en las calderas de las máquinas de vapor. Así, cuando falta el agua por algun accidente o se carenan y quedan a descubierto algunas partes del cañon, mientras el fuego no mengua, porciones de la caldera enrojecidas por el extremo calor vienen en contacto con el agua, la que asume el estado esferoidal primero, y un momento despues estalla repentinamente en un denso volúmen de vapor, que hace reventar la caldera con espantosa violencia.

577. Se aprovecha de los efectos del estado esferoidal de los liquidos en las manufacturas y usos domésticos. La lavandera, por ejemplo, sabe cuando sus planchas estan calientes en el propio grado, tocando la superficie con el dedo mojado en saliva. Si esta corre por la plancha, estará en condicion de usarse. En la fábrica de cristales la masa se forma primero en cilindros huecos, soplándola en moldes de madera; y para que estos no se quemen, se humedece su interior con agua, la que tomando el estado esferoidal, proteje la madera y no enfria tampoco perjudicialmente el vidrio.

Las soluciones salinosas han sido halladas mas útiles y eficaces que el

---

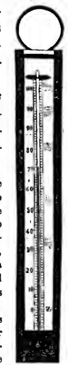
hielo en cápsulas incandescentes? 575. Se produce contacto entre el liquido esferoidal y la vasija o superficie que la contiene? Cómo se demuestra? 576. Qué pruebas notables se puede hacer por la aplicacion del estado esferoidal? Cómo se explica con ella las explosiones en las calderas de vapor? 577. Qué otros usos se hace en la

agua para templar acero; porque teniendo aquellas mas elevada la temperatura de ebullicion, se ponen mas pronto en contacto el liquido y el metal, y el acero se enfria mas pronto y se obtiene un mejor temple. Los metales derretidos, como el hierro y el cobre, que se dejan caer en el agua, no ponen a esta en ebullicion violenta, como era de esperarse, sino que pasan al fondo de la vasija en chorros brillantes, pues el agua en contacto con el metal ha tomado la forma esferoidal.

Instrumentos para medir el calórico.

578. La dilatacion de los cuerpos por el calórico y su subsiguiente contraccion por el enfriamiento, nos suministran los medios de determinar los cambios de temperatura. Siendo los líquidos mas sensibles a la accion del calórico que los sólidos, son preferidos a estos para medir las variaciones de temperatura moderadas; mientras que los sólidos que resisten mas los efectos de aquel, son usados para las variaciones en temperaturas elevadas. Los gases se dilatan demasiado para servir a uno u otro objeto.

Fig. 221.



579. TERMÓMETROS.—Se llaman *termómetros* unos instrumentos que sirven para medir las temperaturas y apreciar sus variaciones. De los varios que se han inventado, el termómetro de mercurio es hoi el mas generalizado.

Se compone el termómetro de un tubo capilar de vidrio, que viene a rematar del lado inferior en un reservatorio esférico o cilindrico. Este reservatorio y parte del tubo estan llenos de mercurio, y sobre este hai un vacio, pues todo el aire ha sido expulsado al cerrarse el tubo por arriba. Cuando el calor dilata el mercurio, sube este en el tubo; y si la temperatura baja, el mercurio se contrae tambien y desciende en el tubo. Se fija este en un estuche o caja, en el que se encuentra, al lado del tubo, una escala graduada sobre la cual estan medidas las alzas y bajas del mercurio.

Para formar la escala del termómetro, es preciso tomar dos puntos fijos que representen temperaturas fáciles de reproducir y siempre identicas. La esperiencia ha demostrado que la temperatura de fusion del hielo es siempre constante, sea cual fuere

---

economia doméstica y la industria del estado esferoidal? 578. Cómo se mide las temperaturas por la dilatacion y contraccion de los cuerpos? Cuál es la clase mas preferible de estos para este objeto? 579. Qué son los termómetros? Cuál es el mas ge-

el foco calorífico, y que el agua destilada, bajo una misma presion y en una vasija de la misma materia, entra constantemente en ebullicion a la misma temperatura. Por tanto, cuando se trata de fijar el punto de congelacion de un termómetro, se introduce su esfera con mercurio en una vasija llena de hielo o de nieve, con un agujero en el fondo para que dé salida al hielo fundido. Cuando el mercurio ha llegado a la temperatura del hielo en fusion; se marca el nivel del mercurio, y esta señal indica el punto de congelamiento.

Ahora, para fijar el punto de ebullicion se sumerge la esfera del termómetro en el agua hirviente, y se marca del mismo modo el punto en que el mercurio queda estacionario. Esta es una operacion mui delicada, si se desea obtener toda exactitud; y Regnault y otros han ideado aparatos especiales, que ayudan, sino son necesarios, en la determinacion del punto de ebullicion. El objeto principal de estos físicos, ha sido valerse mas bien del vapor y no del agua caliente para el baño del termómetro, porque aun cuando la naturaleza de las vasijas y las sales disueltas influyen en la ebullicion del agua, *nunca el vapor que ellas producen.*

580. *Diversas escalas termométricas.*—En la graduacion de los termómetros se distinguen tres escalas: la Centígrada, la de Réaumur y la de Fahrenheit. Siendo arbitrario el número de *grados* intermedios entre los puntos de hielo y de la congelacion, la costumbre y otras circunstancias mas bien han hecho preferibles un sistema a otro. Así en España y algunas partes de Alemania, es mas comun el de Réaumur; en la Gran Bretaña, Holanda y los Estados Unidos, y creemos aun que en Sur América, prefieren el de Fahrenheit; y el Centígrado, el mas cómodo y filosófico de todos ellos, es usado en Francia, Suecia, etc.

La escala centigrada fué introducida por el filósofo sueco Celsius en 1742. El intervalo entre los puntos de congelamiento y ebullicion, está dividido en 100 partes iguales o grados; contándose estos arriba y abajo del punto del congelacion, que es cero. La temperatura bajo cero está indicada, en este y en todos los termómetros, por el signo negativo algebraico —; la mas arriba de zero con el signo positivo +: de modo que —20°, significa 20 grados bajo cero y +20° quiere decir 20° sobre cero.

La escala de Réaumur fue ideada por el filósofo frances de este nombre en 1731. Su objeto era emplear espíritu de vino de mucha fuerza, de manera que 1,000 partes se dilatasen, entre uno y otro punto, a 1,080; y dividió el intermedio entre dichos puntos en 80 partes iguales, poniendo cero a la tem-

---

neralizado de ellos? Cómo está constituido el termómetro de mercurio? Cómo se forma la escala en él? Cómo se hallan los puntos del hielo y de la ebullicion? 580. Cuántos sistemas de escalas termométricos se conocen? Cuál es el adoptado en los varios paises respectivamente? Cuál es la base de la escala centígrada? Cuál

peratura del hielo fundente. El termómetro de Réaumur solo fue usado en Francia hasta el tiempo de la gran revolucion (1789).

Fahrenheit, de Dantzic, introdujo la escala termométrica que lleva su apellido, asi como el uso del mercurio en vez del alcohol. El intermedio entre la temperatura de ebullicion y de hielo, está dividido en 180 partes iguales, encontrándose el cero a los 32° bajo el punto de congelamiento. Este físico adoptó como cero la temperatura que habia observado en Dantzic en 1709, que halló podia reproducir con una mezcla de hielo y sal. A aquella temperatura computó que su instrumento contenia 11.124 partes iguales de mercurio, que sumergidas en nieve fundente, crecieron a 11.156 partes. Por esto, el espacio entre los dos puntos (11.156 – 11.124 = 32), fué dividido en 32 partes iguales, que indican la temperatura del congelamiento del agua. Cuando Fahrenheit sumergió el termómetro en agua hirviente, calculó que el mercurio se dilataba a 11.336 partes, y de aquí 212 (11.336 – 11.124 = 212) fué establecido para el punto de ebullicion.

581. *Reduccion de estas escalas entre sí.*—La escala usada en un termómetro va ordinariamente acompañada del nombre con que se la designa, o lleva simplemente las iniciales F. C. R. Los grados de una escala pueden reducirse a los de otra por cálculos mui simples. Entre los dos puntos típicos del termómetro de Fahrenheit hai 180°; en el Centígrado, 100°; y el Réaumur, 80°: de modo que 1° F. = $\frac{5}{9}$° C. = $\frac{4}{9}$° R.

Las siguientes reglas son mui convenientes para la reduccion de los diversos grados termométricos entre sí:

1°. *Para reducir los grados de Fahrenheit a los de Réaumur, multiplicad el número de grados, menos 32, por 4, y dividid el producto por 9.*

Ejemplo. ¿A qué equivalen 149° F. en la escala de Réaumur? (149–32= 117 × 4 = 468, y 468 ÷ 9 = 52°.

2°. *Para reducir los grados de Réaumur a los de Fahrenheit, multiplicad el número de grados por 9, dividid el producto por 4, y añadid 32.*

Ejemplo. ¿A cuánto equivalen 36° R. en la escala de F.? (36 × 9 =) 324 ÷ 4 = 81, y 81 + 32 = 113°.

3°. *Para reducir los grados de Fahrenheit a los del Centígrado, multiplicad el número de grados, menos 32, por 5, y dividid su producto por 9.*

Así, 212° F. equivalen a 100° C., porque (212 – 32 =) 180 × 5 = 900, y 900 ÷ 9 = 100.

4°. *Para reducir los grados del Centígrado a los de Fahrenheit, multiplicad por 9, dividid el producto por 5, y añadid 32.*

---

la de Réaumur? Cuál la de Fahrenheit? 581. Qué reglas se pueden dar para la reduccion de los grados de una escala en otra? Cuál es la regla para reducir los grados de la escala de Fahrenheit a los de Réaumur, y vice-versa los de Réaumur a los de Fahrenheit? Cuál para reducir los de Fahrenheit a los Centígrados y estos a

Ejemplo. ¿A qué equivalen 50° C. en la escala F.? (50 × 9 =) 450 ÷ 5 = 90, y 90 + 32 = 122° F.

582. *Indicaciones del termómetro.*—El termómetro sirve solo para indicar el calórico o temperatura sensible, y no la actual cantidad de calórico en un caso dado.

Dos vasos estan llenos de agua de un mismo manantial, y el termómetro se elevará en ellos a un mismo grado, aunque uno contenga un cuarto y otro un galon entero de agua, siendo evidente que el mayor volúmen de líquido debe contener una suma mayor de calórico. De otra manera, si hai dos vasos llenos de agua, uno a la temperatura de 100°, y el otro a la temperatura de 200°, seria un error suponer que uno contenga dos veces mas calórico que el otro; porque el cero del termómetro es un punto arbitrario, y no señala la completa ausencia de calórico.

583. El mercurio ha sido preferido a todos los otros flúidos para el termómetro, porque se puede obtener mas puro, no se adhiere al tubo, y recorre, sobre todo, una mayor escala entre la temperatura del hielo y la de ebullicion, congelándose a —39°.2, e birviendo a 662° F. Entre estos dos puntos, su dilatacion es mui regular para iguales aumentos de calórico, si se exceptua alguna pequeña desviacion cerca de la temperatura del hielo. A causa de esta irregularidad, los termómetros de mercurio no son tan precisos para temperaturas inferiores a —32°. Para las temperaturas superiores al punto de ebullicion del mercurio, es preciso recurrir a unos instrumentos llamados *pirómetros*, de que vamos a tratar.

Para temperaturas mui bajas, se emplean los termómetros de espíritu, como es el alcohol, que jamas se congela; por lo que se le destina a este objeto, colorándolo con la orchilla. Con este espíritu se llena el tubo, a la manera que en los termómetros de mercurio. La graduacion se hace comparándola con un buen termómetro de mercurio sometido a las mismas temperaturas, que se van marcando sucesivamente.

Hai casos en que pueda emplearse con ventaja un termómetro de aire, como cuando se quiere observar pequeñas y súbitas variaciones de temperatura, pues el aire se contrae rápida y uniformemente. Este no es mas que un tubo rematado en una esfera, que se llena de aire, y por indicador tiene solo una gota de líquido colorido. Los termómetros de aire dichos de Sanctorio, y los de Amonton, son los mas mentados.

584. *Historia del termómetro.*—No se sabe con certeza a quien debemos el descubrimiento del termómetro. Este honor se atribuye mas generalmente a Drebbel, un paisano holandes. Otros mencionan al italiano Sanctorio, que vivió en mucha fama a principios del siglo 17. Los primeros termómetros fueron de aire, y los académicos florentinos lo mejoraron usando en su vez el espíritu de vino. Fahrenheit, como queda dicho, empleó el mer-

---

los de Fahrenheit? 582. Qué es lo que expresa realmente el termómetro? Ejemplo de ello. 583. Por qué se prefiere el mercurio para el termómetro? Hasta que grados es de uso el termómetro de mercurio? Qué instrumento se usa para temperaturas bajas? Cuándo es bueno un termómetro de aire? 584. Quién

curio en 1720, aunque otros dicen que Réanmnr lo habia usado antes. Newton se valió del aceite de linaza. Renaldi propuso, a fines del siglo 17, la fundicion del hielo como punto fijo de la escala. Newton marcó este punto con cero, y tomó para los otros puntos la temperatura de la sangre humana (señalada a 120°) y la del agua hirviente (marcada en 34°). Celsius, en 1741, adoptó la temperatura del hielo y la del agua hirviente, como puntos fijos, y dividió la escala intermedia en 100 partes. De entonces acá se ha perfeccionado mucho este útil instrumento.

585. *Termómetro diferencial.*—Este instrumento representado en la fig. 222, sirve para medir diferencias pequeñas de temperaturas.

Consiste de nn largo tnbo de vidrio doblado dos veces en ángulos rectos, teniendo a nno y otro extremo una esfera. Una rama tiene una escala de 100 grados, como en la fig. 222, aunque ahora generalmente se les construye con ambas ramas iguales y graduadas del mismo modo. El tubo contiene una porcion de ácido sulfúrico colorado, y dispuesto de manera que estando ambas esferas a una misma temperatura marca 0 en la escala. Si una de las esferas se calienta un poco mas que la otra, la dilatacion del aire en el interior del tubo empujará el liquido acia abajo, y lo hará ascender en la otra rama a una distancia indicada en la escala. Es evidente, por tanto, que este instrumento no señala cambios generales de temperatnra, sino solo la diferencia entre las temperaturas de una y otra esfera. En algunos casos, suministra un instrumento mui fino y delicado de gran ntilidad para operaciones científicas, y es la única forma de termómetro de aire que tenga valor alguno.

Fig. 222.

586. Al mismo tiempo que Leslie inventaba el termómetro diferencial, un americano, Rumford, produjo otro aparato mui parecido, llamado el *termóscopo*, que tiene solo el tubo horizontal mas largo y las esferas mas grandes y mas aparte. El mismo físico inventó dos instrumentos mui sencillos, para averiguar la mas alta o la mas baja temperatura de la noche o de cualqnier intervalo de tiempo, y que se les denomina por esto *termómetros de máxima y de mínima*, o sea, termómetros que registran por sí mismo los cambios de temperatnra. Hai a mas un termómetro metálico de Breguet, mui notable por la extrema sensibilidad de sus indicaciones, y que está basado sobre la dilatacion desigual de diversos metales. Mr. Saxton, norte-americano, ha

descubrió el termómetro? Quiénes lo fueron mejorando sucesivamente? 585. Para qué sirve el termómetro diferencial? Cómo está constituido y a que uso especial se le destina? 586. Qué es el termóscopo? Qué otra clase de barometros se conoce?

construido, bajo el mismo principio, otro instrumento mui útil para medir la temperatura a grandes profundidades del mar.

587. Pirómetros.—Llevan el nombre de *pirómetros* unos instrumentos para medir las altas temperaturas, en las que seria inútil el mercurio, porque se evaporaria o fundiria el vidrio.

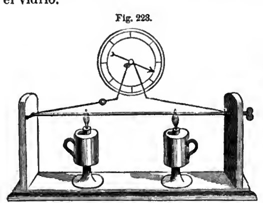


Fig. 223.

Se ha hallado gran dificultad en preparar un pirómetro exacto y de un uso general. El que se representa en la fig. 223 puede emplearse para medir la dilatabilidad (lineal) relativa de los metales. Se pone úna barra de metal fija de un lado por un tornillo, y libre del otro para que pueda dilatarse; estando allí en contacto con el brazo mayor de una aguja anexo a una varilla saliente de la misma barra. En esta bai tambien una esfera pequeña, cuyo peso mantiene el puntero sobre la muestra en su punto mas alto, por medio de una cuerda y polea que lo enlaza con ambos brazos proyectados de la barra. Poniéndole debajo una o mas lámparas, se dilata la barra, y empuja el brazo de aguja, haciéndola girar al rededor del cuadrante graduado sobre que se marca la dilatacion. Usando la misma cantidad de calórico y barras de diferentes metales, podemos averiguar la dilatabilidad lineal de cada uno de estos.

El pirómetro de Wedgewood, fabricante de loza de Inglaterra, gozó de mucha reputacion por algun tiempo. Estaba fundado en la *contraccion* que experimenta la arcilla sometida a una temperatura mui elevada, y suponia que aquella era tanto mas grande cuanto mas alta fuera esta. Los resultados obtenidos con este instrumento son inexactos, puesto que está bien averiguado que la contraccion de la arcilla depende mas bien de la duracion que de la intensidad del calor, y varia mucho con la calidad de la arcilla empleada. El pirómetro de Daniell se acerca mas a la medida real de temperaturas elevadas. Darémos brevemente una idea de él, diciendo que consiste de una caja hecha de una tierra plomiza negra, con un taladro cilíndrico en el centro, en el que se pone una barra de platina o hierro, y encima un tapon de porcelana dura. Una regla de metal amarillo ajustada a dicho tapon viene al lado de la caja o registro, y a ella va unida una escala sobre la que se

587. Qué son pirómetros? Haced la descripcion de uno de ellos. Qué otros pirómetros se conoce? Cuál es el termómetro de Daniell? 588. Qué es la calorimetría?

mueve horizontalmente la aguja por un sistema parecido al que hemos descrito en la fig. 223. Entonces todo el aparato se sumerge en el metal derretido cuya temperatura se trata de buscar, la que se lee en la escala dicha.

Calórico específico.

588. Calorimetría.—Se llama así aquella parte de la Física, que tiene por objeto medir la cantidad de calor que ceden o absorben los cuerpos cuando su temperatura baja o sube un número de grados conocidos, o cuando cambian su estado. Como el agua tiene el mas alto calórico específico, ha sido tomado como *unidad de calor.* En Inglaterra y en los Estados Unidos se ha adoptado la cantidad de calor necesaria para elevar una libra de agua pura de 32° a 33° F. En Francia y en Europa se usa generalmente como unidad, la cantidad de calor necesaria para elevar un kilógramo (2.20486 lbs.) de agua de 0° a 1° C. (= 32° a 33°.8 F.).

589. *Calórico específico.*—Diversos cuerpos tienen diversas capacidades para el calórico, esto es, iguales pesos de diferentes cuerpos requieren cantidades desiguales de calor para elevar sus temperaturas a cierto número de grados. Si un peso igual de agua y de mercurio, con una misma temperatura, es expuesto al mismo manantial de calórico, se hallará que el mercurio se calienta mucho mas rápidamente que el agua, y que cuando esta se halla a 10° el mercurio se encuentra a 330°. La capacidad del agua, entonces, para el calórico es 33 veces tan grande como la del mercurio. Cada sustancia tiene a este respecto su propia capacidad para el calor; y esta relacion es lo que se llama *capacidad específica*, o mas comunmente, *calórico específico.*

590. No entrarémos aquí en la esposicion de los diferentes métodos empleados para la determinacion de los calóricos especificos; y basta decir, que estos son tres: la fusion del hielo, el de las mezclas, y el del enfriamiento. Por regla general, los cuerpos mas densos tienen menos calórico especifico; y por consiguiente, los sólidos tienen menos que los líquidos, y estos menos

---

Cuál es la unidad de calor adoptada en diversos paises? 589. Cómo se estima la capacidad especifica de calor en diversos cuerpos? Qué se entiende por calórico especifico? 590. Cuál es la regla general sobre el calórico especifico de los cuerpos? Seña-

que los gases y vapores. He aquí una nómina de los principales sólidos, líquidos y gases, siendo 100 el calor específico del agua:

	Peso específico.		Peso específico.
Alúmino	0.2143	Oro	0.0324
Azufre	0.2026	Mercurio (líquido)	0.03331
Hierro	0.1138	Bromino "	0.11094
Cobre	0.0952	Aire	1.000
Zinc	0.0956	Oxígeno	0.9765
Estaño	0.0562	Hidrógeno	0.9033
Platino	0.0324	Nitrógeno	1.000
Plomo	0.0314	Acido carbónico	1.2583
Fósforo	0.1887	Oxido de carbono	1.0340
Plata	0.0570		

591. El calórico específico de los cuerpos aeriformes, como el de los sólidos y líquidos, aumenta por la condensacion y disminuye por la rarificacion. A esto se debe principalmente la disminucion de temperatura a medida que ascendemos en la atmósfera. El término medio de disminucion de la baja de temperatura, subiendo del nivel del mar, es 1° F. por cada 100 pies.

592. Un cuerpo en estado líquido tiene mas calórico específico que en la forma sólida, como se deduce naturalmente del hecho de requerirse una adicion de calórico para convertir en líquido un sólido. Así el hielo tiene un calor específico de 0.505, siendo 1,000 el del agua; y el azufre sólido, 0.2026, y líquido 0.2340. De aquí resulta que el gran calor específico del agua modera mucho la rapidez de las transiciones naturales del calor al frio y viceversa.

El vapor.

593. Habiendo ya dicho lo suficiente respecto a los principios y teoría que entran en la construccion de una máquina de vapor, procedemos a tratar de las aplicaciones prácticas hechas en el descubrimiento y perfeccion de este admirable aparato mecánico.

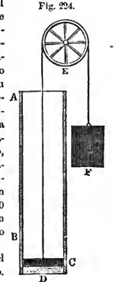
594. *Generacion del vapor.*—La generacion y propiedades del vapor pueden comprenderse claramente por medio de la fig. 224. A B representa el interior de un alto tubo de vidrio, cuya seccion tiene el área de una pulgada cuadrada. El tubo está cerrado en su parte inferior, y contiene dentro una pulgada cúbica de agua, D, y sobre esta hai un émbolo ajustado, C. Una cuerda atada al émbolo pasa por una polea o rueda, E, y al otro cabo lleva una pesa, F. Esta pesa tiene la gravedad necesaria solo para equilibrar el émbolo y su roce en las paredes del tubo.

---

lad el peso específico del alúmino, mercurio, aire, etc. 591. Qué circunstancias influyen en el peso específico de los cuerpos y que se deduce de ello? 592. En qué estado tiene un cuerpo mas calórico específico? 593. Bajo qué aspecto consideramos aquí el vapor? 594. Cómo se verifica la generacion del vapor? Explicad su operacion por

Suponed ahora que colocamos un termómetro en el agua, y debajo del tubo se enciende un fuego. Así que el termómetro marque una temperatura de 212°, el émbolo comienza a elevarse, dejando un espacio aparentemente vacío en él y el agua. El fuego continua añadiendo calor al agua, pero el mercurio del termómetro permanece estacionario en 212°; el émbolo sigue en su ascenso, y el agua va disminuyendo. Si se llevara adelante este procedimiento y el tubo fuera de una longitud suficiente, el émbolo llegaria a una altura de cerca de 1,700 pulgadas, y por este tiempo el agua ha desaparecido enteramente. Si se pesara entonces el tubo, aunque no se ve en él otra cosa que el émbolo, se hallaria que tenia precisamente el mismo peso que al principio. El agua habia sido trasformada simplemente en vapor, y con esto su volúmen se habia dilatado 1,700 veces. El émbolo se habria elevado 1,700 pulgadas con la presion de la atmósfera (que es de 15 libras, siendo el area del émbolo una pulgada cuadrada).

Fig. 224.



Durante todo el tiempo que se está formando el vapor, se aplica una cantidad uniforme de calor al tubo. Como el mercurio en el termómetro no se eleva a mas de 212°, es evidente que el calor impartido despues de haber llegado a este punto, ha sido absorbido por el vapor y héchose latente. Para determinar la suma de este calor, debemos comparar el tiempo requerido para elevar el agua de la temperatura del hielo a la de ebullicion, con el que trascurre del momento de la ebullicion hasta que desaparece el agua. Hallarémos por este medio, que el último intervalo es $5^1/_2$ veces mayor que el primero; y desde que de la temperatura del hielo (32°) a la de ebullicion (212°) hai 180 grados, deducimos que la suma de calórico absorbida es $5^1/_2$ veces 180, o cerca de 1,000 grados. Esto quiere decir, que el calórico aplicado hubiera elevado el agua a una temperatura de cerca de 1,000°, si esta permaneciera en su estado líquido.

595. Si a mas de la presion de la atmósfera sobre P, se le añadiera un peso de 15 libras, diriamos que habria la presion de *dos atmósferas*. En este caso, el vapor no principiaria a formarse hasta que el agua alcanzara una temperatura de $251^1/_2$ grados; y cuando se hubiese evaporado toda ella, el émbolo no habria llegado mas que hasta la mitad de la altura de antes. Bajo una presion de tres atmósferas, el émbolo no habria andado mas que una tercera parte, etc.; mientras que la fuerza mecánica desarrollada por la evaporacion de una cantidad de agua seria la misma. La fuerza de un pie cúbico de agua bastaria para levantar una tonelada a un pié de altura.

Teniendo el vapor una gran elasticidad y dilatabilidad elevaria el émbolo, bajo una presion de dos atmósferas o 30 lbs. por pulgada cuadrada, cerca de

medio de la fig. 224. Cómo se determina la cantidad de calórico latente absorvido en la evaporizacion? 595. Cuál es la fuerza mecánica del vapor y como se mide?

850 pulgadas; y si se quitara 15 lbs. del émbolo, la fuerza elastica del vapor lo elevaria 850 pulgadas mas.

596. *Condensacion del vapor.*—Como lo hemos notado antes (§ 559), el vapor retiene solo su forma de tal, mientras contenga en sí el calórico latente absorbido. El instante en que este sale o es expulsado, el vapor recobra su estado líquido o es *condensado.*

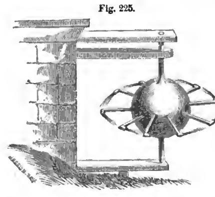
En el experimento anterior, removed el fuego debajo del tubo y aplicad el agua fria a la superficie externa, cuando el émbolo haya subido las 1,700 pulgadas; y el vapor se condensará por la sustraccion del calórico, y se convertirá otra vez en una pulgada cúbica de agua. La razon es porque al condensarse el vapor se forma un vacio, y el émbolo desciende con la presion de la atmósfera, hasta que reposa al fin como antes del experimento.

Poniéndole fuego otra vez, puede repetirse la misma operacion. De esta manera puede darse al émbolo un movimiento alternativo de arriba abajo; y enlazando con el émbolo la maquinaria, se le haria trabajar por medio de la evaporacion y condensacion alternadas del agua y del vapor. Tal era el principio bajo que estaban construidas las *máquinas atmosféricas*, que estuvieron en un tiempo en mucha boga. Es evidente, que teniendo que condensar el vapor en el mismo cilindro o tubo, aplicándole agua fria externamente o vertiéndola dentro del mismo, ocurria una pérdida enorme de combustible y de tiempo, porque era necesario calentar de nuevo el agua a 212° antes de que el émbolo diera un segundo movimiento.

Primeros ensayos y perfeccionamiento de la máquina de vapor.

597. EOLÍPILA DE HERON.—Los primeros rudimentos que tengamos del vapor como ajente motriz, es la descripcion que nos ha dejado Heron, natural de Ejipto, de un aparato llamado la *eolípila* inventada por él, 130 años antes de la Era Cristiana.

Fig. 225.



La fig. 225 nos da una idea de esta máquina. Es un globo de metal hueco sostenido por

596. Cuándo es condensado el vapor? Explicad como se efectua la condensacion con el experimento de la fig. 219. De qué modo se utiliza la condensacion y evaporizacion

espigas, y provisto de varios surtidores a igual distancia de los espigones, y abiertos de ambos lados. Un caño conduce el vapor de una caldera vecina, e introduciéndose dentro del globo por debajo, viene a salir con violencia por los surtidores, y por la reaccion hace girar el globo. Si se le añadiera una polea unida al eje de la eolípila con una correa, se podria poner en mocion una maquinaria por medio de esta banda. Así construida la eolipila de Heron viene a ser una simple máquina rotatoria de accion directa, y es sin duda el primer triunfo obtenido en la mecánica por la fuerza motriz del vapor. Sin embargo, por espacio de 2,000 años quedó sin aplicacion ni uso alguno, hasta que en estos tiempos ha sido renovado este principio y aplicado a las máquinas modernas de rotacion.

598. La máquina de Garay.—En 1543 el español Blasco de Garay, capitan de navío, propuso al emperador Carlos V. una máquina con la que podia bogar las embarcaciones aun en calma sin remos y sin velas. El ensayo se verificó con un buque de 200 toneladas, en el puerto de Barcelona, el 17 de junio del mismo año, delante de una comision imperial nombrada al efecto. Aprobóse en todas las relaciones hechas al emperador la excelencia de esta ingeniosa invencion, principalmente por la facilidad con que el navío viraba, por lo que se le concedió un grado al inventor, un presente de 200,000 maravedises y el abono de gastos, etc. Sin embargo, sea la poca perseverancia del inventor ante las contrariedades que se le ofrecieron, como sucede generalmente en estos casos, o porque el emperador estaba entonces empeñado en su gran expedicion, el resultado fué que se olvidó del todo la empresa, y apenas ha quedado rastros de ella sino en los archivos de Simancas.

Aun cuando Garay no quiso hacer público su descubrimiento, notóse en el momento de la prueba, que consistia en una gran caldera de agua hirviendo y ruedas de movimientos a uno y otro lado de la embarcacion. Se supone, por esto, que no fuera mas que una reproduccion de la eolípila de Heron, y de ahí se trata de deducir que no tenia mérito alguno la invencion; pero se olvida que aun la aplicacion en grande escala de aquel aparato, habria sido un

combinadas para mover maquinarias? 597. Quién ideó primero la aplicacion del vapor como agente motriz? Describid el aparato de Heron. 598. Quién aplicó primero el vapor a las embarcaciones? Cuál fué el resultado del experimento de Garay y que

triunfo de por sí y un largo paso avanzado acia la mejora y perfeccion de la máquina de vapor moderna. Esto es sin atender todavia, a que la idea sola de su aplicacion a las embarcaciones, no realizada hasta el año 1807, implicaba ya de por sí un avance extraordinario en las artes mecánicas.

599. MÁQUINAS DE DE CAUS Y BRANCA.—En 1615, De Caus, un matemático frances, ideó un aparato para elevar el agua por un tubo, valiéndose de la fuerza del vapor. Mas tarde, Giovani Branca, un médico de Roma, describe otra máquina rotatoria movida por la accion del vapor generado en una vasija cerrada y arrojado despues sobre las paletas de una rueda de molino; y se dice aun haber hecho uso de ella para moler sus drogas y medicinas.

600. MÁQUINA DEL MARQUÉS DE WORCESTER.—El Marqués de Worcester, considerado por algunos como el inventor de la máquina de vapor, parece haber mejorado los ensayos precedentes.

Algunos dicen que Worcester tomó sus ideas de De Caus; mas otros sostienen que su invencion fué puramente original, y el fruto de sus meditaciones durante su encarcelamiento en la Torre de Londres, por haber conspirado contra el gobierno de Cromwell. Observando que el vapor movia la tapa de la olla en que cocia su comida, se le ocurrió que una fuerza de esta clase podria utilizarse para muchos objetos, y comenzó a discurrir un modo de elevar el agua por una máquina movida por vapor.

Su plan consistia en generar el vapor en una caldera, y conducirlo despues por cañones a dos vasijas que se comunicaban de un lado con un depósito de agua, y del otro con una cisterna en la que esta se vaciaba. No ha quedado módelo alguno de esta máquina, mas allá de la descripcion que él da de ella en su obra: "El siglo de las invenciones."

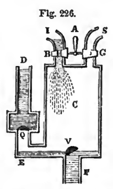
601. MÁQUINA DE SAVARY.—El capitan ingles, Tomas Savary, construyó en 1698 una máquina mucho superior a ninguna de las antes descritas. Una estraña ocurrencia vino a sugerirle la idea de ella. Refiérese que habiendo pedido una botella de vino en una taberna, arrojó al fuego el frasco vacío, así que hubo despachado el licor que contenia, ordenando despues se le trajera una palangana de agua

---

valor se da a su invento? 599. En qué consistia el experimento de De Caus y el de Branca? 600. Qué mejoras hizo a estas invenciones el Marqués de Worcester y que circunstancia le sujirió la idea? Cuál era su aparato? 601. Qué se dice de la inven-

para lavarse las manos. Algun resto de vino que habia quedado en la botella comenzó a hervir y a emitir vapor, lo que observado por Savary se le ocurrió probar el efecto que produciria invertiendo la boca en el agua fria de la palangana. Apenas habia hecho esto, cuando el vapor se condensó y el agua se precipitó dentro de la botella hasta llenarla casi. Confiado en que podria aplicar este descubrimiento a una máquina, no cesó hasta haber construido una que se empleó con buen éxito por algun tiempo para desaguar minas.

Fig. 226.



602. El principio en que estaba basada la máquina de Savary, puede comprenderse con el diseño fig. 226. S representa un caño que sale de una caldera de generar vapor (que no se ve en el grabado adjunto), y entra en un receptáculo cilíndrico llamado el *recipiente*. I es conocido como el *tubo de inyeccion*, y sirve para arrojar el agua fria sobre el recipiente y condensar el vapor. El tubo del vapor entrante, S, y el tubo de inyeccion, I, tienen las llaves, G, B, que se gobiernan por un asidero comun, A, dispuestas de modo que cuando la una se abre la otra se cierra. F es el tubo que baja al depósito de donde se saca el agua, y contiene una válvula, V, que se abre de abajo arriba. E D es otro tubo que parte del fondo del recipiente y conduce a la cisterna o tanque en que se va a vaciar el agua sacada. Este tubo lleva tambien una válvula, Q, que se abre de abajo arriba.

Para trabajar esta máquina, se abre la llave, G, con lo que se cierra de consiguiente la otra, B. El vapor entra de golpe por el tubo, S, y llena el recipiente, C, expeliendo el aire por la válvula, Q. Cuando C está lleno se cierra G y se abre B. El agua fria fluye al instante por el tubo de inyeccion y condensa el vapor en C. Con esto se forma un vacío, y el agua en el depósito o mina empuja por efecto de la presion atmosférica la válvula V, y se precipita por F a C, hasta que el recipiente esté casi lleno. Entonces se abre E y cierra B, y el vapor vuelve a entrar por S, y por su fuerza elástica abre la válvula, Q, y arroja el agua por E D a la cisterna.

603. La máquina de Newcomen.—Hemos mencionado en otra parte el digeridor de Papin (§ 566). El mismo concibió, en 1690, la idea de emplear el vapor para hacer el

---

cion de Savary y como arribó a ella? 602. Haced una descripcion de la máquina de Savary y del modo de operarla conforme a la fig. 226. 603. En qué consistia el aparato de Papin? Quién lo perfeccionó y le dió una aplicacion util? Qué fuerza al-

vacío en la máquina neumática en vez de la bomba de aire que se usaba. Para el efecto construyó un cilindro de hierro laminado, y poniéndole fuego debajo hacia hervir el agua, y cuando aquel estaba lleno de vapor, dejaba caer el émbolo sostenido encima por una aldaba. Como se deja ver, la invencion no era de gran mérito.

Un inteligente herrero, Tomas Newcomen, hizo mas practicable y útil el aparato de Papin, valiéndose del cilindro y el émbolo que subia y bajaba alternativamente con la admision y condensacion del vapor por un chorro de agua fria. Su máquina, como todas las otras de entonces, tenia el inconveniente de trabajar contra la presion atmosférica y ser eficaz en una sola direccion; o mas bien, era meramente una máquina de simple efecto.

Newcomen y Smeaton construyeron, con todo, máquinas mui grandes bajo este principio y destinadas a desaguar minas. Aunque el último introdujo en ellas algunas mejoras de detalles y mejores calderas, consiguió solo aumentar la potencia de sus mejores máquinas a cosa de nueve millones de libras, levantando un pie por cada *bushel* de hulla consumido. Una buena bomba de vapor hoi dia eleva de 90 a 130 millones de libras por cada bushel (84 lbs.) de hulla quemada!

604. Máquina de Watt.—En 1763, Watt un fabricante de instrumentos científicos en Glasgow, fué empleado para componer una máquina del modelo de Newcomen. Su gran ingenio percibió al instante los defectos de esta, y le dió la idea de construir él mismo otra mas perfecta. Para evitar la gran pérdida de combustible resultante de tener que enfriar el recipiente para condensar el vapor, formó una cámara o vasija por separado para este objeto, y le añadió a mas una bomba de aire para mantener completo el vacío, que se vicia a veces con el aire atmosférico internado o que viene del agua de las calderas. Estas ideas fueron estudiadas y realizadas en 1765, y en 1769 obtuvo una patente de privilegio exclusivo, ofreciendo un modelo en que se hallan incluidos todos los elementos de la máquina moderna de vapor. Ayudado por algunos capita-

---

canzaron a dar al vapor Newcomen y Smeaton? 604. Quién inventó la moderna máquina de vapor? Qué mejoras introdujo en ellas Watt, y cuando y como las llevó

listas generosos logró poner en práctica todas sus proyectos, y con solo haberse reservado una tercera parte del valor del combustible economizado con sus máquinas, hizo una espléndida fortuna.

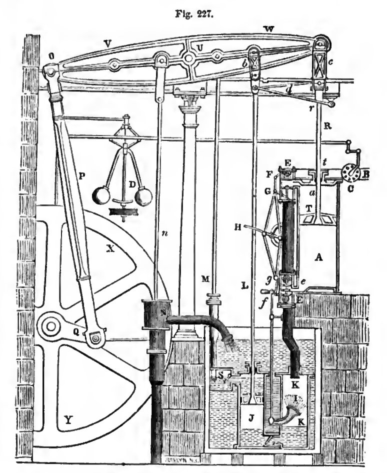
La invencion de la máquina de vapor condensante y de baja presion por Watt no tiene ejemplo en la historia de las ciencias, por la perfecta realizacion de las condiciones del problema resuelto, y por el completo dominio de las leyes físicas y gobierno de la materia que demuestra el inventor en la ejecucion de su plan; habiendo agostado casi todo el asunto hasta en sus menores detalles; de manera que ninguna mejora importante se ha efectuado do entonces acá en ella, o que él antes no hubiese previsto. Sin duda que se construye ahora máquinas de mas hermosura y perfeccion en la obra mecánica, de dimensiones mucho mayores, y con mas fuertes calderas que las de Watt, pero fué su ingenio mismo el que hizo posible estos perfeccionamientos y nos dió la potencia con que trabajarlos.

605. Máquina de doble efecto con condensacion y baja presion.—La máquina de baja presion sirve para todos aquellos casos en que la economía de combustible y el mejor efecto mecánico son mas deseables, sin tener mucho en cuenta la ligereza y sencillez en su construccion. Debido al casi perfecto vacío que se obtiene en ella por el uso del condensador y de la bomba de aire, se requiere mucha menos presion de vapor para producir un cierto resultado mecánico. Por ejemplo: si el vacío es igual a 14 lbs. de presion atmosférica, entonces una presion de vapor de 6 lbs. imparte una fuerza motriz de 20 lbs. a la máquina. De aquí el uso de los términos: *máquina de baja presion;* aunque en la práctica se ha hallado conveniente emplear una mayor presion de vapor.

606. *Descripcion de sus piezas.*—En el centro principal, U, se apoya el *balancin,* V W, llamado de este modo por el movimiento de balance que toma sobre sus muñones o eje central. Las letras *b, c, d, r,* señalan el *paralelógramo flexible,* que convierte en rectilinea la accion circular reciproca del balancin. Las piezas del paralelógramo articulado o *movimiento paralelo,* son: *c, eslabones principales* del paralelógramo; *b, guias* del p.; *d,* barras paralelas del p.; y *r, barras radios* o barras bridas. R es el vástago del émbolo, T, del que hace parte; *t,* es la *caja de estopas* en la tapa del cilindro A; C es la *válvula de cuello,* en el conducto B, por donde pasa el vapor a las *cajas de distribucion* E E. Cada una de estas cajas estan divididas en tres comparti-

a cabo? Qué ofrece de notable la invencion de Watt? 605. Para qué sirve la máquina de baja presion? Qué efecto produce la bomba de aire en ella? 606. Haced

Fig. 227.



mentos por dos válvulas. F es la válvula superior de entrada, y abre o cierra la comunicacion al cilindro, para admitir o cortar el vapor. G es la válvula superior de salida, y abre o cierra el conducto del vapor entre la parte superior del émbolo y el condensador. La válvula inferior de entrada, *g*, y la inferior de salida, *f*, tienen igual relacion con la parte inferior del cilindro y con el condensador. Estas válvulas se enlazan por un sistema de palancas con una manigueta comun, H, que opera en pares las válvulas a intervalos propios, mediante un dedo o tope en la barra L, movida por el balancin. Al subir, abre F y *f*, y cierra G y *g*; y al bajar, cierra F y *f*, y abre G y *g*. La letra *a* es la *porta superior* u *orificio* de las válvulas de arriba, abierto por

una descripcion del mecanismo de la máquina de vapor de baja presion, y de la

la parte superior del cilindro, y *e* es la *porta inferior* u *orificio* de las válvulas de abajo, abierto por la parte inferior del cilindro. Precisamente entre estas dos portas hai un tubo, que conduce el vapor al condensador K, o a la atmósfera, segun la máquina es de baja o alta presion. K es el *condensador*, y J la *bomba de aire*, que saca del condensador el agua de inyeccion, calentada por el vapor condensado, y la descarga en el *depósito caliente*, S. En el conducto, entre K y J, se ve la *válvula de pie* de la bomba de aire, y a la cabeza de esta, en S, se ve la *válvula de descarga*. En el dibujo el condensador y la bomba de aire estan sumergidos en el agua fria arrojada por la *bomba de cisterna*, N. Esta agua fluyendo en lluvia por la regadera, I, del tubo de inyeccion dentro del condensador, causa que se condense el vapor contenido en él. S es el *depósito de agua caliente*, del que se provee la bomba alimenticia, M, la cual arroja esta agua por un tubo a un depósito alto, abasteciendo de agua caliente la caldera en la cantidad requerida, y la que está demas, sale por un *tubo de sobrante;* M es la barra que trabaja esta bomba y está ligada al del balancin; y *n* es otra barra unida tambien al mismo balancin, con la cual se trabaja la bomba N, que provee la cisterna de agua fria en un chorro constante.

P marca la *biela*, o barra de conexion, y Q el *manubrio* o cigüeña, que sirven para dar un movimiento de rotacion a la rueda *volante*, X Y. En las máquinas modernas, la excéntrica, fija al eje del manubrio, es una pieza mui importante empleada comunmente para mover la *válvula corredera*, por cuyo medio se distribuye el vapor. Se la llama *excéntrica* porque su eje no coincide con el centro del eje del manubrio; y está rodeada de un aro dentro del cual gira, moviendo suavemente las varillas o *tirantes*, que la encierran de ambos lados. Estos comunican a su vez un movimiento alternativo horizontal a una *palanca angular* articulada, y esta mueve al *tirador* o *corredera*. La extremidad de esta palanca se enlaza al tirador, de modo que cuando el émbolo baja, entra el vapor por la apertura *a*, y la parte superior del cilindro; y al mismo tiempo el vapor, que está en la parte de abajo del cilindro, es arrojado por el orificio *e* al condensador K; de manera que mientras se mantiene un vacío bajo del émbolo, el vapor opera con toda su fuerza arriba del mismo. Cuando el émbolo baja, por el contrario, el orificio *a* es cerrado por el tirador, y el vapor penetra la parte de abajo del cilindro por la apertura *e*, y se establece una comunicacion entre *a* y el condensador por el conducto, y el vapor en la parte superior del émbolo pasa al condensador; haciendo que el vapor opere sobre la cara inferior a plena presion, a consecuencia del vacío que se forma sobre la cara superior del émbolo. Antes de poner en movimiento la máquina, es menester purgarla del aire, y para esto hai dos válvulas no vistas en el diseño; la una abre paso al vapor del pie de la caja de válvulas, cerca de *f*, al condensador, por el conducto de vapor: esta se llama la *válvula de purgar* del cilindro. La otra se coloca al pie de la bomba de aire en la extremidad de la máquina, y se llama la *válvula roncadera* o *de absorcion*. Por esta válvula sale el aire arrojado por el vapor admitido al abrir la vál-

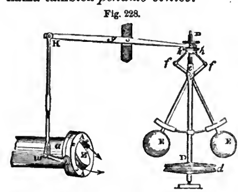
---

manera que funcionan y estan enlazadas sus piezas principales? 607. Cuál es

vula de purgar. Algunas veces por *fomentar* mucho el agua de la caldera, o por condensarse el vapor en el cilindro, se acumula una porcion de agua en este, y para dejarla escapar se provee en los dos remates del cilindro *válvulas de escape*, oprimidas con muelles de fuerza suficiente para no dejar salir el vapor.

607. *El regulador* (marcado D, en la fig. 227) es una ingeniosa e importante pieza en el mecanismo del vapor, puesto que por ella se regula la cantidad precisa de vapor para mantener en mocion la maquinaria, cerrando o abriendo segun convenga la válvula, dicha *de paso*, *de cuello*, *mariposa* o *de garganta*, situada en el conducto o pasaje del vapor; y merece por tanto una descripcion particular. Se le llama tambien *péndulo cónico*.

Fig. 228.



En la fig. 228 estan representados el regulador y su conexion con la válvula de garganta. Consiste de dos pesadas esferas de hierro, E, E, pendientes por dos brazos metálicos de un punto *e*. En *e* se cruzan estos, formando una articulacion, y se extienden hasta *f*, *f*, donde estan unidos por pasadores a los eslabones, *f h*, *f h*, que se unen al extremo de una palanca, cuyo otro extremo, H, está unido a una varilla, y remata en una articulacion en W con el manubrio de la válvula de cuello, Z. El eje, o huso, D D, sobre que voltean las esferas, es movido por el eje del volante; de modo que cuando este gira con mucha rapidez, las esferas, E, E, se apartan del huso, por efecto de la fuerza centrífuga, y con la ayuda de los eslabones *f h*, *f h*, tiran para abajo el extremo *h* de la palanca. Entonces se levanta por consiguiente el otro extremo, H, y con él el manubrio de la válvula de cuello Z, que cierra con esto la boca o cuello del tubo de vapor y corta con esto su entrada. Por otra parte, cuando la mocion del volante mengua, la fuerza centrífuga de las esferas, E E, tambien decrece, y se inclinan acia el huso. Esto causa que se eleve el extremo mas próximo *h* de la palanca, mientras el otro extremo, H, desciende un poco, con lo cual la válvula de cuello, Z, se abre y da paso a todo el vapor capaz de pasar por el conducto. Así es como el regulador gobierna por sí solo la mocion de la máquina, casi como con la accion de la inteligencia humana, ya franqueando o ya cerrando el pasaje del vapor, segun los casos.

---

el uso del regulador? Describid el mecanismo y accion del regulador. 608. En

608. MÁQUINAS DE ALTA PRESION.—La máquina de vapor que hemos descrito anteriormente es de baja presion, segun queda dicho. La de alta presion se diferencia solo por aquella parte de su construccion, en que el vapor es expulsado contra la presion atmosférica, y no se procura utilizar esta para la formacion de un vacío. Por consiguiente, esta forma de aparato podria moverse con el aire condensado o cualquier otro flúido elástico, tan bien como con el vapor mismo, si hubiera alguno que compitiera con este en economía. La ligereza, sencillez y poco costo de la máquina de alta presion, la hacen preferible en algunas ocasiones a la de baja presion, a pesar de lo poco económica de combustible que es aquella, por razon de que el vapor no se condensa sino que es expelido al aire.

609. *Cortador del vapor.*—Recien se ha añadido a las máquinas de alta y baja presion una pieza llamada el *cortador*, que sirve para regular tambien la cantidad de vapor, cortando su pasaje del todo, en la mitad, o una tercera parte del golpe del émbolo. La dilatacion sola del vapor completa en este caso la operacion, obteniéndose un gran ahorro de combustible.

610. CALDERAS DE VAPOR.—La forma de las calderas para el vapor varia mucho con el objeto a que se destina la máquina. Calderas largas pueden usarse con comodidad en tierra, cuando serian del todo inaplicables en el mar o en las locomotoras. Se las construye comunmente de planchas de hierro firmemente remachadas y reforzadas, por ser el material que reune la fuerza a la economía. El cobre puede servir solo cuando el combustible no contenga azufre, y es la materia mas resistente a todo agente corrosivo. Simples calderas cilíndricas colocadas horizontalmente, con fluses para la llama, por debajo de toda la superficie inferior, son las usadas ordinariamente para máquinas de alta presion. Si estan hechas de un tamaño correspondiente, para que contengan en sí las hornillas y distribuyan el calor

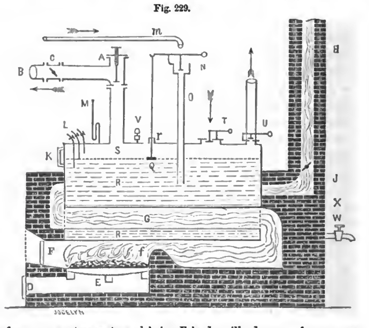
---

qué se diferencian las máquinas de alta de las de baja presion? 609. Cuál es el uso y ventajas del cortador del vapor? 610. De qué material y forma se cons-

en los fluses interiores, se las conoce como *calderas de Cornish;* y si se las modifica mas todavía con relacion a la mayor superficie que sea posible poner acia el fuego, se las llama *calderas de locomotora.*

Anexo al diseño en la fig. 229 se divisa una caldera de una máquina estacionaria. La letra D marca el *cenicero* y su puerta; E las *parillas* o barras

Fig. 229.



de fuego con sus tres *sostenes* debajo; F la *hornilla, hogar* o *fogon* con su *boca de fuego* o puerta; y mas adentro se ve el *puente de fuego, f.* G es el *flus* interior de la caldera, H, la chimenea del humo, y J un *registro* para regular el *tiro* de la chimenea. Encima de la caldera se ve la *boca* de la caldera o *puerta de caldera,* T, que tiene en su tapadera la *válvula atmosférica* que se abre acia adentro, para que si por algun accidente se hace el vacío en la caldera, admita el aire y se evite el abollar la caldera por la presion exterior. V es el *pito de alarma,* y con el fondo de la caldera comunica W, la *llave de purgar* de sedimentos, y de salmuera, si el agua es del mar. En el *tubo de vapor,* B, se ve la *válvula de interceptar* o *de comunicacion,* A, y la *válvula de paso* o *de cuello,* C, ántes señalada en el dibujo de la máquina de vapor con la letra Z (fig. 228). Por este conducto pasa el vapor al cilindro de la máquina. En algunas partes de la caldera propias al caso, se colocan *portas* para

---

truye las calderas de vapor? Haced una descripcion del modelo de la fig. 229.

los *registros de limpieza*, X, por donde se sacan los sedimentos demasiado espesos para salir por el tubo de purga. R R es el agua de la caldera, y S el espacio ocupado por el vapor; U es el tubo de desahogar, y a su pie se ve la *válvula de seguridad*, que impide que estalle la caldera por la excesiva presion del vapor. Esta válvula tiene una palanca graduada sobre la que recorre un peso, oprimiendo la cabeza de la válvula puesta sobre una abertura de la caldera. Moviendo este peso sobre el brazo de la palanca, se pueda dar a la válvula toda la presion necesaria para trabajar la máquina, al mismo tiempo que permite al ingeniero mecánico determinar la elasticidad del vapor en la caldera. O es el tubo alimenticio del alto depósito de agua caliente N, con su flotador de piedra Q, suspendido de una varilla que pasa por la caja de estopa *r*, y unido a la extremidad de la palanca, abre y cierra la boca del tubo, mediante un contrapeso que ayuda a oprimir la válvula. La *m* señala el tubo alimenticio que sale de la bomba impelente alimenticia de agua caliente, que suple de este líquido aquel depósito, o en su falta, a la caldera directamente. L, son las tres llaves de prueba del nivel del agua, de las que la primera, se llama la *del agua*, y la tercera, *la del vapor*, porque comunica con el vapor en la caldera. Cuando el agua en la caldera está en su propio nivel, al abrirse las tres llaves, saldrá agua por la de agua y vapor por la de vapor; pero si la caldera no contiene suficiente agua, saldrá vapor por todas. Hai otra forma de indicador del nivel del agua, K, que consiste en un tubo de vidrio encorvado, que se abre de un lado a la caldera, arriba del nivel propio del agua, y del otro está bajo el nivel de la misma. Como el agua ha de estar en el mismo nivel en el tubo de vidrio que en el caldero, el ojo del ingeniero percibirá al instante la profundidad del agua en este último. La *tension del vapor* es indicada por el *manómetro de vapor*, M, de que ya se trató en el artículo 410.

Las figuras 233, 235, al fin del capítulo, representan una máquina de vapor de rio norte-americana, y otra marítima.

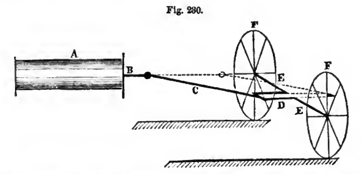
611. Locomotoras.—Tal es el nombre con que son conocidas las máquinas de vapor montadas sobre un armazon de carruage, que se mueven por sí mismas, trasmitiendo el movimiento a las ruedas.

La locomotora es una máquina de alta presion, en la que estan suprimidos el paralelógramo flexible, el balancin y el volante de las máquinas fijas, así como la forma del generador que va mui modificada. En la fig. 230 se ve explicado el principio de accion adoptado en ellas.

El cilindro, A, en la locomotora, es horizontal en vez de vertical, y el émbolo trabaja de la misma manera. B es el vástago del émbolo, ligado por el manubrio, D, al eje, E E, de las ruedas motoras, F F. El émbolo opera alternativamente acia adelante y acia atras en el cilindro, y con el auxilio del manubrio hace voltear el eje y las ruedas; y estas andan entonces por efecto

611. Qué son locomotoras? En qué se diferencian de las máquinas estacionarias?

Fig. 230.



de la adhesion con los *rieles, tramos* o *carriles*, arrastrando consigo los carruages de carga atados a la máquina. La linea negra representa la posicion de las piezas, cuando el émbolo está en el extremo mas apartado del cilindro; y la raya entrecortada demarca su posicion, cuando el émbolo ha tocado el otro extremo. El vapor es impelido sobre una cara del émbolo y despues sobre la otra, y se le deja salir así que ha ejecutado su accion, es decir, ha empujado el émbolo al extremo opuesto.

1°. Las partes que producen el vapor son la *caldera*, como la anteriormente descrita, con un *hornillo o fogon* y un juego de muchos *tubos de fuego*, —un *regulador* de admision de vapor,—un *tubo* conductor *de vapor* a los cilindros—y exteriormente la *chimenea*, y dos *válvulas de seguridad.*

2°. *Las partes que regulan el empleo del vapor* son: en cada lado un *tirador*, o válvula *corredera*, que cubre los pasos del cilindro, y prendida a un juego de válvulas actuadas por dos excéntricas en el eje de la rueda motriz, una para la delantera y la otra para la mocion retrógrada de la máquina; dos *barras excéntricas* con sus *argollas* o *collares* rodeando las excéntricas a un cabo, y unidas al otro cabo a un cuadrante que las enlaza a la varilla de la corredera.

3°. *Las partes por las cuales el maquinista maneja la máquina*, son tres juegos de maniguetas y palancas que gobiernan respectivamente *la corredera* para adelantar o retroceder, *el regulador* para admitir o cortar el vapor al cilindro, y las *llaves alimenticias* para aumentar o disminuir el agua en la caldera. Estas piezas se llaman *aparatos de mano.*

4°. Las partes principales en cada lado para producir la locomocion, son un *cilindro* en el cual trabaja, mediante un empaquetado metálico estanco al vapor, un émbolo fijo al cabo de una barra. Esta barra, pasando por la tapa del cilindro y la *caja de estopas*, está fija a una *pieza-te* o *cruzeta*, corrediza entre dos *guias* puestas paralelamente á los cilindros. Una fuerte *biela* liga la cruzeta a un boton o pernete en el lado de la rueda motriz, o a la cigüeña del eje encigüeñado, si es usada esta forma de la pieza. Esta conexion de la biela con cada lado se hace a un ángulo de 45°, de suerte que el émbolo de un cilindro en el medio de su curso obra con su mayor fuerza, mientras que el otro, en el extremo de su cilindro, está en su punto muerto y no ejerce nin-

Explicad por la fig. 230 el principio distintivo de accion en ellas. 612. Describid

gun poder. Estando las dos ruedas fijas al eje, el movimiento constante de la una se comunica a la otra.

5°. *Las partes que afectan al fuego* son: la *chimenea* y el *tubo de escape*. Este tubo recibe el vapor de escape de ambos cilindros, y lo conduce al centro de la chimenea; y este escape de vapor causa las pulsaciones que se oyen, cuando está en mocion la locomotora.

6°. *Las partes que proveen de agua* a la caldera, son dos bombas impelentes anexas a los tubos alimenticios, que toman el agua del depósito en el tender. Estas bombas alimenticias tienen sus émbolos sólidos actuados por la impulsion de la cruceta o de una de las excéntricas.

7°. *Las partes que soportan la máquina* son: dos o mas ruedas, sin contar las motoras, un juego de muelles, y un fuerte bastidor o marco sobre el cual la caldera y maquinaria estan firmemente aseguradas.

Para poner en movimiento la locomotora, se llena de agua la caldera hasta cubrir todos los tubos y la caja de fuego interna. Se pega fuego al combustible, y a su propio tiempo está generado el vapor y ha llegado a la tension requerida. Abriéndose entonces el *regulador*, y arreglándose la posicion de las *correderas*, el vapor pasa de la caldera, por el tubo de vapor, a los cilindros, donde por su fuerza mueve los émbolos, que estando ligados por los vástagos, bielas y eje a las ruedas, las hace rotar y producir así la locomocion. Los *tiradores* o *correderas* y las bombas trabajadas por las piezas ya descritas, regulan la admision del vapor al cilindro y del agua a la caldera. Cuando los émbolos han pasado al extremo de los cilindros, se ha abierto un paso al vapor para su escape por la chimenea, mediante el *tubo de escape*; y su velocidad al salir causa un fuerte *tiro* de aire por dentro del fuego, avivándolo y produciendo una rápida generacion de vapor. Esto regulariza el órden de admision del vapor a los cilindros, y repetiéndose la operacion hace andar la locomotora.

612. En la fig. 231 tenemos el modelo de una locomotora. Damos a continuacion una explicacion detallada de todas las piezas de esta máquina, bajo sus letras respectivas, por la que se vendrá facilmente en cuenta del conjunto de toda ella. Véase tambien Figs. 232. 362–364.

La caja de fuego es de dos partes: la *exterior*, A, hace parte de la caldera, la *interior*, B, es el fogon para el combustible. Todo el interior de la caldera está fortalecido por tirantes de fierro de parte a parte. Otras partes son: la *boca de fuego*, *b*; las *barras de fuego* o *parrillas*, *c*; el *cenicero*, D.

La caldera, de la cual es parte la caja de fuego exterior, A, tiene en su cuerpo principal, E, un juego de *tubos de fuego* (107 en esta máquina), fijos en la *plancha de tubos* del lado de la caja de fuego, y de la otra extremidad a la caja de humo. Toda la caldera tiene exteriormente una camisa o forro de fieltro espeso, y sobre el todo listas de madera y sunchos para sostenerlo.

---

por medio de la figura 231 la composicion y piezas principales de la locomotora.

Fig. 281.

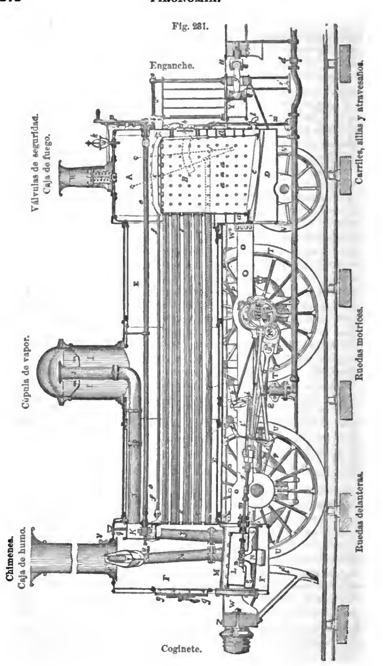
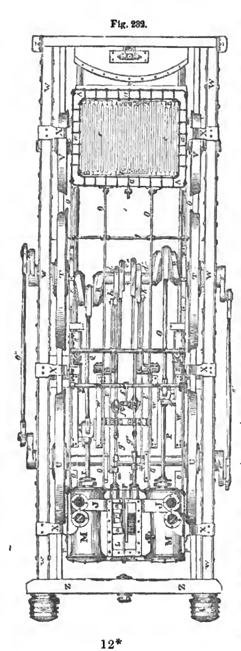

Chimenea.
Caja de humo.
Cúpula de vapor.
Válvulas de seguridad.
Caja de fuego.
Enganche.
Coginete.
Ruedas delanteras.
Ruedas motrices.
Carriles, sillas y atravesaños.

Fig. 232.



Caja de humo. Esta parte, F, reune los gases de la combustion y los trasmite por la *chimenea* al aire. En esta extremidad se colocan los cilindros de vapor y otras piezas importantes. El frente de esta caja tiene nna puerta grande, *g g*, bien ajustada contra el aire, y qne da acceso para limpiar los tubos y componer las piezas internas.

Válvulas de seguridad, etc. Estas son dos, y tienen un *tubo de desahogar* comun. La una, *i*, *de palanca*, está oprimida por una *balanza de muelle*; la otra, *la cerrada*, descansa sobre un tornillo con resortes y es inaccesible al maquinista. Hai tambien tres *llaves de prueba*, y un *indicador de cristal* para mostrar el nivel del agua. En *k* se ve el *pito de alarma* con su llave. A la extremidad del fuego, y cerca del fondo, está la *llave de purgar* o *de descarga*, *l*, para vaciar el agua; y para sacar los sedimentos, hai *registros de limpieza* con sus *portas* en cada extremo.

Tubo de vapor y *regulador*. La *caja receptora*, o *domo de vapor*, I, se eleva cuanto es posible de la superficie del agua, para que la toma de vapor o boca del tubo de vapor, J, tenga altitud suficiente para no recibir el agua de *fomentacion*, cuya presencia en los cilindros seria mui inconveniente; y para mayor precaucion, se coloca al rededor de la boca un cono inverso, *m*, para contener el agua que sube. El tubo de vapor, J, remata en la *caja del regulador*, K, la cual tiene la

válvula de admision de vapor, n, o *regulador;* y abierto este, baja el vapor por los ramales, J, a las cajas de distribucion de los cilindros. Este regulador es operado en frente por el manubrio, *p*, mediante la barra *o*, que pasa por el interior de la caldera. Encima de K se ve una *copa de grasa, q*, por cuyo tubo baja el aceite para lubricar el regulador y partes frotantes: por supuesto, todos los *lubricadores* tienen su *llave de interceptar.*

Los cilindros y *las válvulas correderas.* La corredera y la válvula de expansion se colocan al lado de su cilindro, M, en la caja de distribucion, L. Las *portas de vapor* o *de entrada* son *s s*, y N es la *porta de salida*, que trasmite el vapor al *tubo de escape* o *de descarga*, N, por cuyo extremo superior sale a la chimenea. En la boca de este tubo hai un tapon cónico, *t*, y en la chimenea un *registro, v*, cuyas varillas pasan al maquinista para regular el *tiro* del aire que pasa por el fuego.

Armazon y conexiones de la máquina. O O, denota un marco interior. La barra de émbolo está fija a la *cruzeta* por una chaveta, y es movida en línea recta por guias paralelas. Tiene en su cabeza una articulacion, con sus bronces, estrobo y chavetas, que la une a la biela. S es la bomba alimenticia con émbolos solidos, *g″*, y su tubo chupadero, *y*, recibe agua del tender. La llave de prueba de este tubo tiene su varilla y manecilla en *b′*, para determinar si va bien el alimento.

Las excéntricas y armadura de las válvulas. Las excéntricas estan colocadas casi en ángulo recto la una a la otra, y sus barras estan unidas cada una al collar que envuelve su excéntrica, y el otro extremo a los remates respectivos del *cuadrante de válvulas.* Este cuadrante tiene, en sentido longitudinal, una mortaja u orificio por el cual corre un *dado* articulado con la vara de la corredera, y segun el sitio de este dado en la muesca, es el movimiento de la máquina: el manejo del cuadrante con respecto a este dado, se hace por medio de un aparato de palancas y varillas que llegan al maquinista.

El *cortador* o *aparato para la expansion*, se ve en la caja de distribucion y sus piezas enlazadas con las de la corredera principal.

Las ruedas y *marco exterior.* En esta locomotora las *ruedas motrices* estan fijas firmamente al *eje encigueñado* y forman un cuerpo con él. Las extremidades que salen fuera del marco tienen cigüeñas del tamaño de las bielas principales y llevan las *barras de acoplar*, que ligan las cigüeñas externas de las ruedas motrices al par de ruedas delanteras de igual tamaño. Estas sirven para dar mas presa o poder de traccion a la máquina. Los muelles, *q*, de las ruedas amortiguan los choques sobre los carriles, y los cojines, *s*, en el frente de los dos extremos del marco, reciben los golpes al tocar otro carruage. En el frente de la caja de humo hai una pequeña cartela o velonera, para soportar la lámpara que de noche alumbra la via. Al rededor de la plataforma, Y, se ve una baranda *w′* para proteger al maquinista, y *z′* es un estribo para subir. El tubo, *x′*, cuando la máquina no está en movimiento, conduce el vapor por el tubo alimenticio al depósito de agua en el *tender*, para calentarla. El enganche de la locomotora a su ténder y al tren de carros o wagones, se hace por el eslabon, *y′*, de la máquina y el perno *u* del ténder, teniendo cada uno su propio muelle.

El ténder, compañero necesario de la locomotora, es el carro que lleva el

depósito de agua y de combustible para el consumo en el curso de una estacion a otra. Como los carros, tiene sus resortes y *retranca*, o sistema de palancas para comprimir las ruedas con zoquetes, y por su roce contra ellas detienen el tren. Una *rueda de mano* sirve al conductor para operar la retranca o freno.

Explicacion de las piezas de la locomotora conforme a las figs. 231 *y* 232, *y figs.* 362 *a* 364.

A, caja de fuego exterior.
B, " " interior.
C C, tirantes para fortalecer la caja A.
a a a, " entre las dos cajas.
b, boca de fuego.
c c, parillas.
d, porcion movediza de las parillas.
D, caja de cenizas o cenicero.
e e e, tubos de fuego.
f f, tirantes longitudinales de la caldera.
F, caja de humo.
g g, su puerta.
G, chimenea.
H, tubo de desahogar el vapor.
h, válvula de seguridad de muelle.
i, válvula de seguridad de palanca con su balanza de muelle.
j, indicador de cristal y llaves de prueba.
k, pito o silbato de vapor.
l, grifo de purga.
I, cúpula o domo de vapor.
m, cono invertido para interceptar el agua de fomentacion.
J J, tubo de vapor y sus ramales.
K, caja del regulador de la toma del vapor.
n, regulador o válvula de admision.
o, varilla que liga el regulador con la manigueta que lo actua.
q, copa de grasa y su tubo para conducir aceite al regulador.
L, caja de vapor de los cilindros.
r r, válvulas correderas o tiradores.
M M, cilindros de vapor.
s s, portas de vapor.
N N, portas de salida y tubos de escape.
t, regulador del tiro, operado por
u u, su manigueta, varillas y palancas.
v v, registro de la chimenea, con sus varillas, palancas y manigueta.
O O, marco interior de la máquina.
P', émbolo de vapor.
a'' a'', su empaquetado metálico.
b'' b'', cuñas para comprimirlo.
c'' c'', sus muelles.
d'', tapa del cilindro.
e'' e'', guardas para sus pernos.
P P, barras de los émbolos.
Q' Q', sus cruzetas.
w w, guias de las cruzetas.
x x, brazos salientes para operar las bombas.
Q Q, bielas.
R, eje encigüeñado.
S S, bombas alimenticias.
f'' f'', sus rebordes para empernarlos al marco.
g'' g'', sus émbolos sólidos.
h'', válvula inferior o válvula chupadera.
i'', válvula superior o válvula surtidera.
j'' j'', topes para regular la abertura de las válvulas.
y y, tubos alimenticios del ténder a las bombas.
z z, ramales de las bombas de la caldera.
a' a', sus válvulas juntas a ella.
b' b', llaves de prueba de los tubos alimenticios, y sus maniguetas.
c' c', excéntricas de adelantar.
d' d', " de retroceder.
k'' k'', pernos que sugetan las dos mitades de cada excéntrica.

l'' l'', tornillos de presion para afirmar las excéntricas a los ejes.
m'' m'', barras de las excéntricas.
e' e', eslabones a sus remates.
f f f, palancas, ejes y varillas para operar el cambio de marcha.
g' g', husos de las válvulas de vapor.
h' h', botones en las excéntricas traseras para actuar los marcos de las correderas de expansion.
n'' n'', barras de conexion entre los botones *h' h'*, y
i' i', brazos acanalados de la expansion.
j' j', sus eslabones que los ligan a *k' k'*.
k' k' k', palancas, ejes y varillas del cortador ó aparato de expansion.
l' l', barras de coneccion entre los brazos *i' i'*, y
m' m', husos huecos ligados a
n' n', marcos corredizos de expansion.
T T, ruedas motrices.
o' o', cigüeñas exteriores y barras de acoplar.
U U, ruedas delanteras acopladas a las motoras.
V V, ruedas traseras debajo de la caja de fuego.
p' p', muelles de las chumaceras interiores del eje encigüeñado.
q q, muelles de las chumaceras exteriores de todos los ejes.
o'' o'', aro de los muelles exteriores del eje motor.
r' r', chumaceras de los ejes corredizos entre guias perpendiculares.
s'' s'', tuercas para regular la carga sobre los muelles.
W W, marco exterior de la máquina.
X X, tirantes del marco a la caldera.
Y, piso de la plataforma o delantal.
Z, viga de los cogines.
s' s', los cogines o topes de choque.
t', rastrillo para apartar obstáculos.
u' u', tubo de descarga y su grifo o llave.
v', farol.
w' w', baranda.
x', tubo de la caldera para calentar el agua en el tanque.
y', barra de enganche.
z' z', estribos de montar al delantal.
E, delantera del marco del ténder.
d, union para ligar el tubo alimenticio del ténder a la porcion flexible del de la máquina.
u, plancha con gonze, entre el tender y la locomotora.

613. Watts parece haber concebido primero la idea de los carros movidos por el vapor; pero sus esfuerzos por perfeccionar su otra invencion, lo retrajeron de realizar su pensamiento. Guillermo Murdoch construyó la primera locomótora que se conozca, en 1784; y aunque no mui superior a un juguete ingenioso, trabajaba bien y andaba tan ligera que una vez trató en vano su inventor de darle alcance.

Se pasaron dieziocho años sin que se hiciera uso alguno del descubrimiento de Murdoch, cuando Ricardo Trevithick exhibió publicamente, en 1802, una máquina locomo-

613. Quién inventó la locomotora y que mejoras recibió despues?

tora construida para tirar carruages. Jorge Stephenson, muerto a fines del año pasado, modificó y perfeccionó notablemente la locomotora, de manera que se divide con Trevithick el honor de esta bella y utilísima invencion.

Las locomotoras de los varios talleres se diferencian mas o ménos en los detalles de las correderas, aparatos de cambio de marcha, etc., pero nada esencial ha sido omitido en esta descripcion.

614. Locomobilas.—Estas son unas máquinas portátiles parecidas en algo a las locomotoras, y sirven para izar piedras, cargar y descargar buques, trabajar en las haciendas y otros varios usos.

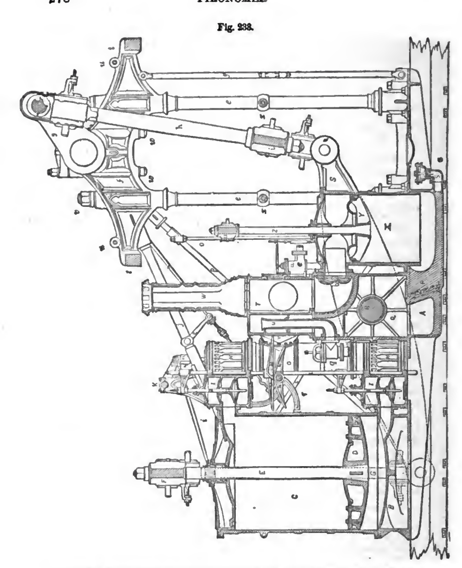
615. Máquinas de buque.—El maquinista tiene en tierra a su disposicion el espacio necesario para dar las propias dimensiones y figuras a las piezas de la maquinaria; puede así dar a la caldera de fluses toda la superficie evaporante necesaria en las hornallas, y construir una chimenea alta, procurándose un buen tiro para activar el fuego; pero en los buques necesita hacer modificaciones importantes. Los balancines se duplican y se colocan en el fondo de la bodega, uno a cada lado del cilindro. Las calderas, por ser pequeñas, han de ser tubulares, y no bastando el tiro de su chimenea baja, es aumentado por un *abanico* o aventador, operado por la *borrica* o máquina auxiliar. En lugar de rueda volante, el propio momento del buque sirve a la máquina para pasar sus puntos muertos.

El siguiente dibujo (fig. 233) de la máquina marítima del vapor americano *Pacífico*, dará una idea de la disposicion de las piezas de que se compone.

A, *peana* de la máquina, de fierro colado.
B, porcion de id., fondo del cilindro con su porta inferior.
C, cilindro.
D, émbolo de vapor.
E, barra del émbolo.
F, *cruzeta* principal fija en su medio a la barra del émbolo y articulada, por sus *luchaderos* o *gorrones* en los extremos, a las *bielas*.
G, *bielas de los costados* del cilindro marcadas con líneas entrecortadas.

614. Qué son locomobilas y cual es su uso? 615. Por qué y cuales modificaciones requiere una máquina marítima? Describid la máquina de la fig. 233.

Fig. 233.



H H, *cajas de las válvulas* de equilibrio, dos pares de superiores y inferiores, y en cada par hai las *válvulas de vapor*, I I, de entrada y de salida.

J J, sus *varillas* o *husos*.

K, *luchadero* del eje del movimiento paralelo y su *pedestal* o *chumacera* revestida de *coginetes* de bronce. Estos forros, dichos generalmente *bronces*, sirven para disminuir el roce del luchadero que rota entre ellos.

L, barras para levantar las válvulas de entrada y de salida, tomando su movimiento de nna excéntrica en el eje de la rueda de paletas.
M M, *sobarbas* o *dedos* fijos a las barras de levantar.
N, N, levas para id. fijas al eje oscilante.
O, *tubos de lado* de las válvulas para la entrada y salida del vapor respectivamente.
P, *válvulas de pie* y sns *asientos*.
Q, *condensador* que forma cuerpo con la peana.
R, *centro principal* o eje de los balancines de costado qne pasa por el centro del condensador al cual está firmamente fijo.
S, *balancines de costado*, uno para cada lado de la máqnina, marcado con linea entrecortada.
T, depósito caliente.
U, *tubo de inyeccion*.
V, paso del tubo de salida al condensador.
W, colnmna de escape de aire del agua de descarga.
X, *bomba de aire*—Y, su émbolo—Z, barra de su émbolo.
a, *cruzeta de la bomba de aire*.
b, *válvulas de descarga* y asientos.
c, bomba alimenticia.
d, caja de id.
e, *e*, columnas fijas a la peana y a la armazon qne soporta las *chumaceras*, *f*.
f, *chumaceras* del eje de las ruedas.
g, *cigüeñas* fijas al luchadero interior del eje.
h, *biela principal* que liga a su *cabezal* el *perno* de la cigüeña con la *cruzeta de pie* qne nne los dos balancines. En el cabezal de esta biela se ve los *bronces* qne reciben el perno de la cigüeña, sostenidos en su lugar por nn estrobo que los comprime, mediante una *chaveta* enroscada en su extremo menor, entre dos *contra-chavetas* o *perros*. Uno de de estos tiene una nariz agujereada, por donde pasa la rosca de la chaveta para recibir sus tuercas, una a cada lado. Encima de todo se coloca un *lubricador* o *copa de grasa*.
i, *cruzeta de pie* de la biela principal, articulada a los balancines por dos eslabones cortos.
j, *tirantes principales* qne van de la parte snperior del cilindro a la armazon que soporta los ejes de rueda.
k, brazos fijos a las barras de levantar y las enlaza con los husos de las válvulas de vapor.
l, barra-paralela del *paralelógramo flexible* o movimiento paralelo.
m, barra de coneccion de id.
n, barra de la excéntrica.
o, *barra-guia* de la cruzeta de la bomba de aire.
p, tirantes qne ligan la peana a las chumaceras de los ejes de rueda.
q, válvnla de inyeccion.
r, chumacera del eje oscilante.
s, tirante de hierro, qne sostiene el cilindro a la peana.
t t, vigas atravesañas, para las chumaceras de los ejes de cigüeña.

u u, tirantes atravesaños de la armazon.

v, tuercas que afianzan la armazon a la cabeza de las columnas.

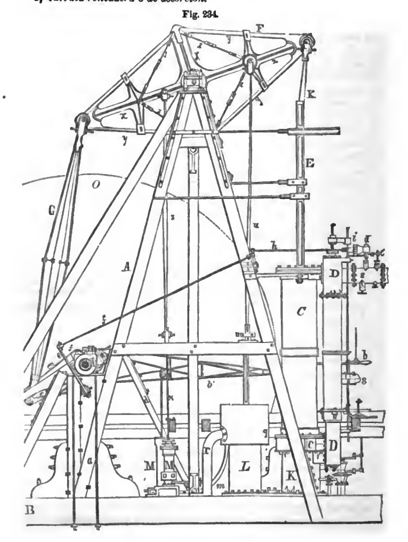
w w, cabeza de los pernos cuyas tuercas al otro extremo sostienen la tapa de la chumacera y comprimen el bronce superior.

x x, *atravesaños* de columna a columna.

y, *tirantes* perpendiculares entre la armazon de chumaceras y la peana abajo.

z, *válvula roncadera* o *de absorcion*.

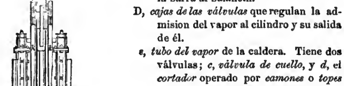
Fig. 234.



Máquina de un buque americano de rio con válvulas de equilibrio (figs. 234, 235).

A, armazon de madera que sostiene las *chumaceras* del centro principal.
B, sobre-quillas y carlingas a las cuales estan firmemente empernadas la peana y la armazon de la máquina.
d, postes que soportan las *chumaceras* del eje de la cigüeña.

Fig. 235.



C, *cilindro* del vapor. C′, su fondo—*g*, barra del émbolo—*k*, eslabones que ligan la barra al balancin.

D, *cajas de las válvulas* que regulan la admision del vapor al cilindro y su salida de él.

e, *tubo del vapor* de la caldera. Tiene dos válvulas; *c*, *válvula de cuello*, y *d*, el *cortador* operado por *camones* o *topes* en el eje de cigüeña, que comunica un movimiento intermitente a la palanca *e*, y sus tirantes *f*, *h*. Las barras de levantar, *v v*, tienen brazos 1 1, 2. 2, que los enlaza con las válvulas de vapor. —3. 3, las sobarbas fijas en las barras que reciban su movimiento de las levas del eje oscilante *w*. A la derecha de este eje se ve su manúbrio o palanca, cuyo boton o pernete *b″* lo opera la muñonera o muesca do la barra excentrica.

E, *guias* paralelas de la *cruzeta* de la barra del émbolo de vapor, y estas guias, con los *eslabones k*, constituyen el movimiento paralelo de la máquina.

F, *balancin principal*. *x*, su armazon central de fierro colado—*y*, *z*, tirantes de fierro dulce para darla mas resistencia. Sus *muñones*, descansan en los *bronces* o *coginetes* de bronce que sirven de forro a las *chumaceras* o *piedestales*, firmemente empernados encima de la armazon.

G, *biela* de hierro dulce. Esta biela tiene en cada extremo articulaciones con *bronces* sostenidos en su lugar con un *estrobo* y *chavetas*.

H, cigüeña del eje de las ruedas.

I, *eje principal* o *de cigüeña* de las ruedas de paletas. La *cigüeña* está fija al *lu-*

chadero o *gorron* soportado por la *chumacera* en la cual rota. En él estan fijos tambien la *excéntrica* que da movimiento al aparato que opera las válvulas de vapor, y los *camones* o *topes* para el *cortador*.

b', *barra de la excéntrica* cuyo peso lo sostiene una barra oscilante. A la derecha se ve la manigueta *b* de la barra excéntrica.

b'', boton del manubrio del eje oscilante.

K, *condensador*.

L, *bomba de aire*—*q*, *depósito caliente*—*r*, *tubo de sobrante*—*u*, barra que comunica el movimiento del balancin a la cruzeta del vástago de la bomba de aire cuyas *guias paralelas* se ven en el diseño.

M, *bomba alimenticia*—*m*, su *tubo chupadero* o *aspirante*—*s'*, tubo alimenticio.

M', bomba de sentina. N, peana de la máquina.

B N B, entre estas letras se ven *l'*, *l'*, dos tubos de inyeccion cuyas llaves se abren y se cierran por medio de las varillas y sus manubrios mas arriba al alcance del maquinista.

O, tambor de las ruedas de paletas.

616. La *máquina auxiliar* o *borrica* es una mas pequeña sin condensacion, que toma su vapor de una de las calderas, y mueve un *abanico* o *ventilador* para avivar el fuego. Tambien trabaja las bombas para alimentar de agua las calderas, sacar agua de la sentina, y servir de apaga-incendios.

617. *Los vapores de hélice o de tornillo propulsor* tienen generalmente su maquinaria de dos cilindros oscilatorios, cuyos muñones trabajan en chumaceras fijas. Cuando los cilindros se colocan uno a cada lado de la sobre-quilla, los émbolos se articulan directamente a una cigüeña comun, cuyo eje sigue su direccion a lo largo del buque, y por un aparato o union particular, se enlaza con el eje del propulsor o se desengancha de él. Pero si los cilindros estan colocados en la línea de la quilla, entonces el eje tiene dos cigüeñas que hacen un ángulo de 90° entre sí, y cada cilindro tiene su propia cigüeña. Los *hélices* o *tornillos propulsores* llevan de dos hasta seis *aspas* o *palas*.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 505.) Un pedazo de carne está a 2 pies del fuego, y una ave a 4 pies del mismo, ¿cuál de ellos recibe mas calor comparativamente?

---

616. Para qué sirve la máquina auxiliar o borrica? 617. Qué son las peculiaridades de construccion de los vapores de tornillo?

2. Si estuvieramos distantes del sol una quinta parte de lo que ahora estamos, ¿cuánto mas calor recibiriamos de él?
3. El planeta Neptuno dista 30 veces mas del sol que la tierra, ¿cómo compararia su calor solar con el nuestro?
4. Se coloca un objeto a 3 pies del fuego para que reciba una cantidad dada de calórico, ¿a qué distancia se le pondria para recibir solo una cuarta parte del mismo calor?
5. (*Véase* § 541.) 22 galones de agua a la temperatura del hielo, ¿cuánto medirán a la temperatura de ebullicion?
6. Supóngase una vasija de capacidad de 46 galones, ¿qué cantidad de agua necesitaré poner a una temperatura de 32° para llenarse precisamente al tiempo de hervir aquella?
7. ¿Cuánto aumentarán en volúmen 18 galones de alcohol, elevados de 32° a 212°? Qué aumentará en su peso?
8. (*Véase* § 594.) Con una presion de una atmósfera, ¿cuántos pies cúbicos de vapor se formarán de 2 pulgadas cúbicas de agua? cuántos de 10 pulgadas cúbicas de la misma?
9. Si 3,400 pies cúbicos de vapor fuesen condensados (bajo la presion de una atmósfera), ¿cuánta agua se haria de aquel?
10. (*Véase* § 595.) Con una presion de dos atmósferas, ¿cuántas pulgadas de vapor formarian dos pulgadas de agua? Cuánto bajo la presion de tres atmósferas?
11. ¿Cuántas pulgadas cúbicas de vapor son precisas para elevar 10 toneladas a 10 pies de altura? Si se condensara este vapor, ¿cuántas pulgadas cúbicas de agua harian?

CAPÍTULO XIV.

ÓPTICA.

Naturaleza de la luz.

618. Óptica.—Aquella parte de la Física que trata de la naturaleza y de las propiedades de la luz, se designa con el nombre de *Optica.*

619. La *luz* es aquel agente que causa en nosotros, por su accion sobre la retina, el fenómeno de la vision.

620. Naturaleza de la luz.—Dos son las teorias mas

618. Qué es la Óptica? 619. Qué es la luz? 620. Qué teorias prevalecen sobre

generalmente admitidas para explicar el orígen y naturaleza de la luz, como la del calor. Tales son la teoría llamada *corpuscular* o de *emision*, y la *ondulatoria*.

La primera de estas hipótesis sostenida por Newton, supone que luz consiste de partículas mui ténues de una materia imponderable arrojada por los cuerpos luminosos, que hieren el ojo, reaccionan sobre la retina, y producen la sensacion que constituye la vision; de la misma manera que las partecillas emitidas por un cuerpo odorífero afectan el órgano del olfato. Esta teoria parece haber sido ya avanzada por Pitágoras, antes de ser adoptada por el ilustre filósofo ingles; pero como ocurren muchos fenómenos que no pueden ser explicados satisfactoriamente por ella, ha sido casi del todo abandonada.

La hipótesis de las ondulaciones es la mas popular hoi dia, y es defendida por escritores como Grimaldi, Descartes, Huyghens, Young, Malus, Fresnel y Brewster. Se admite en esta teoria que las moléculas de los cuerpos luminosos estan animadas por un movimiento vibratorio infinitamente rápido, que se comunica a un flúido eminentemente sutil y elástico, difundido por todo el universo, que se llama *éter;* y que una conmocion en un punto cualquiera de este éter se propaga en todos sentidos bajo la forma de ondas esféricas luminosas, de igual modo que se propaga el sonido en el aire por ondas sonoras. Las vibraciones del éter no se propagan, con todo, perpendicularmente a la superficie de la onda luminosa, como sucede en el sonido, sino perpendicularmente a la direccion que sigue la luz al propagarse, lo cual se expresa diciendo que son *trasversales.* Se puede formar una idea de estas vibraciones, agitando una cuerda por uno de sus extremos, cuando el movimiento se propaga serpenteando hasta el otro extremo, en el sentido de la cuerda, mientras las vibraciones se efectuan al traves. Por este sistema se ha logrado explicar algunos fenómenos, como el de la *difraccion* y de los *anillos coloreados*, que se presentaban antes mui oscuros; pero no es considerado bastante satisfactorio en el concepto de muchos físicos.

Recientemente Mr. Rankine, de Glascow, ha propuesto otra *teoría oscilatoria de la luz.* Se supone en esta hipótesis, que las partículas del éter luminoso giran sobre sus ejes por efecto de una especie de fuerza magnética, que es absolutamente incapaz de resistir a la compresion; de modo que ya no es preciso, como en la teoria ondulatoria, el idear un medio luminoso con las propiedades de un cuerpo elástico. El tiempo probará la consistencia de este sistema con los diversos fenómenos de la luz.

621. Rayo y haz luminosos.—Se llama *rayo luminoso* la línea que sigue la luz al propagarse, y *haz luminoso* un conjunto de rayos emitidos de un mismo foco. Dícese que es *paralelo* un haz luminoso, cuando se compone de rayos

---

la naturaleza de la luz? En qué consiste el sistema corpuscular? En qué el de las ondulaciones y quienes lo sostienen? Cuál es la nueva teoría de Rankine? 621. Qué es un rayo luminoso? Qué es haz luminoso y en cuantas clases se divide?

paralelos, como en la fig. 236; *divergente*, cuando se separan estos entre sí, como en la fig. 237; y *convergentes*, si concurren acia un mismo punto denominado el *foco*, como en la fig. 238.

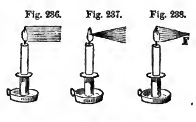


Fig. 236. Fig. 237. Fig. 238.

Division de los cuerpos.

622. Cuerpos luminosos y no-luminosos.—Por lo que hace a la produccion de la luz, los cuerpos se dividen en *luminosos* y *no-luminosos*. Los primeros son aquellos que se ven por la luz que ellos mismos producen, como el sol, las estrellas, etc.; y los segundos los que no emiten una luz propia, sino la que les presta el sol. No podemos así divisar los objetos de un recinto oscuro, hasta que la luz del sol, una lámpara u otra sustancia luminosa no los hace visibles.

Muchos cuerpos no-luminosos, si son sometidos a un calórico de 977° F., se hacen incandescentes, y emiten una luz mas y mas brillante con cada grado de temperatura superior a este punto, hasta que se ponen blancos con el calor. Esto pareciera probar aparentemente una correspondencia recíproca entre la luz y el calor.

623. Cuerpos diáfanos, traslúcidos y opacos.—Respecto a la trasmision de la luz, los cuerpos se dividen en tres clases: *diáfanos* o *trasparentes*, *traslúcidos* y *opacos*.

Los *cuerpos trasparentes* son los que dan facilmente paso a la luz, y al traves de los cuales se distinguen los objetos, tales como el agua, los gases, el aire y el vidrio pulimentado. Los *cuerpos traslúcidos* son los que permiten pasar la luz, pero no dejan reconocer la forma de los objetos, como el vidrio deslustrado, el papel aceitado, el papel, etc. Por fin, *cuerpos opacos* se llaman los que se oponen al paso de la luz, como las maderas, metales, etc.

---

622. Qué cuerpos se llaman luminosos y cuáles no-luminosos? Pueden los cuerpos no-luminosos convertirse en luminosos? 623. Qué son cuerpos diáfanos, cuáles traslúcidos y cuáles opacos? Por qué los términos trasparentes y opacos son solo relativos,

Los términos trasparentes y opacos son solo relativos, pues ninguna sustancia trasmite la luz sin interceptar algo de ella a su tránsito. Se computa que los rayos solares pierden casi la mitad de su brillo al atravesar la atmósfera terrestre; y que si esta se estendiera quince veces mas afuera de la superficie de la tierra, no recibiriamos la luz del sol, y quedariamos sumidos en las tinieblas. Por otra parte, una sustancia opaca reducida en espesor puede convertirse en trasparente, como es el caso con una hoja de oro puesta a los rayos del sol, que comunica una luz verdosa y apagada.

624. MEDIOS.—Se da el nombre de *médio*, al espacio, lleno o vacío, en donde se produce un fenómeno; pero se denomina así particularmente, en la Optica, a cualquiera sustancia a cuyo traves se trasmite el agente luminoso de un punto a otro. El aire, el agua y el vidrio son, por ejemplo, los medios por los cuales se propaga la luz. Se dice que es *homogeneo* un medio, cuando su densidad y composicion química son las mismas en todas sus partes.

Manantiales de la luz.

625. Los principales manantiales de luz son casi idénticos a los de calor; es decir: el *sol* y las *estrellas*, la *accion química*, la *accion mecánica*, la *electricidad* y la *fosforescencia*.

La mayor parte de las luces artificiales son efecto de la accion química, como se ha visto en el caso de la combustion (§ 475); y de esta clase son la luz de las lámparas, velas, gases, etc.—La accion mecánica desarrolla tambien la luz, como en las chispas producidas por la percusion del acero con el pedernal.—Las corrientes y chispas producidas por una batería eléctrica, son un ejemplo de luz causada por la electricidad.—La luz fosfórica no ocasiona calor, tal como se nota en la madera podrida, en los mosquitos de fuego, los cucuyos, los gusanos de luz, y en ciertos animaliculos marítimos, que iluminan a veces grandes porciones del océano por su multitud.

626. EL SOL Y LAS ESTRELLAS COMO MANANTIAL DE LUZ.—Ya hemos visto que el sol viene a ser el gran manantial de calor y de luz para la tierra. No obstante la pérdida de parte de su brillo al pasar por la atmósfera, su luz es todavía la mas intensa que conozcamos. Las luces artificiales mas deslumbrantes empalidecen y se semejan mas

---

y qué se deduce de ello? 624. Qué es un medio? Cuándo un medio es homogeneo? 625. Cuáles son los manantiales de luz? Un ejemplo de cada uno de ellos. 626. Qué pérdida experimenta la luz del sol y de las estrellas al llegar a la tierra? Qué luz

bien a manchas negras, al interponérselas entre el sol y la vista—tanta es la superioridad de aquella. Se necesitaria el brillo concentrado de 5,563 velas de cera a un pié de distancia, para igualar la luz que recibimos del sol que dista 95,000,000 millas.

Las estrellas fijas son los soles de otros tantos sistemas; y como nuestro sol, son luminosas, y por lo mismo otros manantiales de luz, aunque insignificantes para nosotros a causa de su extrema lejanía. La luz que recibimos de Sirio, una de las mas brillantes de las estrellas fijas, viene a ser solo una veinte mil millonésima parte de la que nos da el sol. Cuando el sol alumbra, desaparecen de nuestra vista las estrellas, porque su luz es absorbida por la superioridad de aquel.

La luz de algunas de las estrellas es tan débil, que la atmósfera la absorbe totalmente antes de llegar a nosotros; y esta es la razon porque mayor número de estrellas se ve en la cumbre de una montaña que al pie de ella, y mas en una atmósfera limpia y serena que en otra cargada de vapores.

627. La luna y los planetas son no-luminosos, y reciben del sol la luz que despiden. Esta luz reflejada a la tierra, resulta ser mui diminuta al lado de la que se desprende directamente del sol. Este luminar, por ejemplo, nos comunica 800,000 veces mas luz que la luna.

Propagacion de la luz.

628. Direccion de la luz.—*La luz emanada de cualquier punto de una superficie luminosa, irradia en líneas rectas en todas direcciones.*

La llama de una vela puede ser vista por miles de personas a la vez, porque un rayo de ella va a dar con el ojo de cada cual. En el inmenso espacio que abraza el sistema solar, no hai punto en que se coloque un observador de donde no pueda divisar el sol, cuando no se interpone por medio un cuerpo opaco. Así es que el sol, como todo cuerpo luminoso, viene a ser el centro de que proceden infinitos rayos.

629. *En todo medio homogeneo se propaga la luz en línea recta.*

Si se interpone un cuerpo opaco en la línea recta que une el ojo con un cuerpo luminoso, queda interceptada la luz. Obsérvase tambien que la luz

---

comunican las estrellas, y por qué es tan débil a la vista? 627. De qué clase es la luz de la luna y de las estrellas? 628. Cuál es la direccion de la luz y como se explica? 629. Como se propaga la luz en un medio homogeneo? Explicadlo. 630. Se in-

que penetra en una cámara oscura por un pequeño orificio, traza en el aire un surco luminoso rectilíneo, que se hace visible iluminando las moléculas de polvo que flotan en la atmósfera.

630. Los rayos procedentes en líneas rectas de las partículas de un cuerpo luminoso, se cruzan en todos los puntos comprendidos en la esfera de su iluminacion, pero sin intervenir los unos con los otros; de la misma manera que fuerzas diferentes obran en conjunto sobre un objeto, y cada una produce el mismo efecto como si operara sola. Una docena de velas harán brillar su luz por un orificio en la muralla de una cámara oscura, y cada una de ellas con la misma intensidad y direccion como si ningunos otros rayos que los propios atravesaran aquel angosto pasaje.

631. VELOCIDAD DE LA LUZ.—La luz se mueve con la estraña velocidad de 192,000 millas por segundo; y mientras contamos uno, ya ha dado vuelta ocho veces al rededor de la tierra. La luz atraviesa el espacio entre el sol y la tierra en ocho minutos, cuando una bala de cañon emplearia diezisiete años en recorrer la misma distancia. Es imposible, por tanto, calcular el tiempo de su tránsito de un punto a otro por los medios ordinarios.

Se debe al astrónomo danes, Roemer, el descubrimiento casual de la manera de calcular la velocidad de la luz, en ocasion de estar empeñado en una serie de observaciones sobre una de las lunas del planeta Júpiter. Esta luna se hace invisible al observador terrestre, en un lugar dado de su paso, por ocultarse detras de su planeta. Sabiendo él mui bien que las revoluciones de la luna se ejecutan en el mismo tiempo, supuso que los intervalos entre estos periodos de invisibilidad habian de ser tambien uniformes; sin embargo, mui a su sorpresa halló que diferian un poco cada vez, yendo en aumento durante seis meses (al fin de los cuales el eclipse se verificaba diezisseis minutos mas tarde que al principio), y de ahi comenzaban a declinar en la misma proporcion por un término semejante, hasta que al fin del año vino a notar que el intervalo era igual al primer periodo. La conclusion era clara, entonces. La discrepancia estaba en la diferencia de distancia de la tierra; y si la primera observacion fue hecha cuando la tierra estaba en aquel punto de su órbita mas próximo a Júpiter, seis meses mas tarde estaria en su punto mas distante, teniendo que atravesar la luz de la luna de Júpiter toda la distancia a traves de la órbita, mas de 110,000,000 que antes, para llegar al ojo del observador. Hé aquí ahora la llave para un gran descubrimiento, pues si la luz empleaba dieziseis minutos, o 960 segundos, para viajar 190,000,000 millas, era fácil hallar cuanto andaria en un segundo.

---

terceptan los rayos procedentes de las partículas de un cuerpo luminoso? 631. Cuál es la velocidad de la luz? Quién la descubrió? Bajo qué circunstancias y por que cálculos arribó a este descubrimiento? Quién otro ha inventado un aparato para me-

M. Foucault ha formado nn aparato para medir la prodijiosa velocidad de la luz, empleando un espejo rotatorio, segun el sistema inventado por Wheatstone para medir la velocidad de la electricidad; pero su descripcion no corresponde a nuestro plan.

632. Su intensidad a diversas distancias.—*La intensidad de la luz disminuye conforme al cuadrado de la distancia del cuerpo luminoso que la produce.*

Haced que objetos diferentes se pongan respectivamente a 1 pie, 2 pies, 3 pies, etc., de un cuerpo luminoso; y recibirán entonces grados diferentes de luz que esten en proporcion unos a otros como 1, $^1/_4$, $^1/_9$, etc. Un planeta que estuviese dos veces tan lejos del sol como de la tierra, recibiria de aquel solo $^1/_4$ de su luz; otro, tres veces distante, $^1/_9$; y otro, diez veces distante, $^1/_{100}$.

Fig. 239.

633. Esto se aclara mas con la fig. 239. Una carta cuadrada cn A, a 1 pie de distancia de la vela, recibe de nn pnnto dado de su llama una cierta cantidad de luz. Esta misma luz, si no es interceptada en A, pasa a B, que está a dos pies de distancia, e ilumina allí cnatro cuadrados del mismo tamaño que la carta; y no tiene, por tanto, sino un cuarto de su primera intensidad. Si todavia se la deja proceder a C, distante 3 pies, ilumina nueve cuadrados de ella, y posee ya solo un noveno de su intensidad original, etc.

634. *Mérito de las teorias sobre la luz.*—Ninguna de las teorias hasta aquí emitidas sobre la luz parece satisfactoria. La hipótesis corpuscular sostenida por Newton, suponia que los flúidos y sólidos atraian la luz; y la refraccion se explicaba diciendo que la luz se mneve mas ligera en los cuerpos densos que en el aire, como se sabe acontecer con el sonido. Conforme a la teoria de las ondulaciones, es sabido que las olas o ondulaciones deben marchar mas despacio en los cnerpos densos que en los medios raros. El descubrimiento de Foucault, que la lnz se mueve actualmente mas despacio en los medios mas densos, parecia confirmar la teoria ondulatoria. Con todo, el inmenso poder de compresion resistente que se requiriria en nn medio, para que trasmitiese las vibraciones trasversales con una velocidad mucho mayor que los movimientos de los mas rápidos planctas y cometas, constituye un argumento contra el sistema de las ondulaciones que no ha podido ser contestado satisfactoriamente.—De todos modos, esta discusion de las teorias de la luz pertenece mas propiamente a las matemáticas puras.

Sombras.

635. La *sombra* de un cuerpo es el lugar del espacio

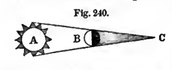
dir la luz? 632. Cuál es la lei de la intensidad de la luz a diversas distancias? Dad nn ejemplo. 633. Cómo se puede aclarar esta lei por medio de la fig. 239? 635. Qué

donde aquel impide que penetre la luz, por interponerse un cuerpo opaco contra el punto luminoso de que emana.

No todas las sombras son igualmente oscuras, pues pueden estar mas o menos iluminadas por la luz reflejada o por los rayos de algun cuerpo luminoso, que no han sido del todo interceptados. Si hai así dos velas encendidas en un recinto, la sombra que arrojan es menos oscura que si una sola estuviera ardiendo. Por otra parte, cuanto mas brillante es la luz que produce la sombra, tanto mas oscura aparece por el contraste. Si se trata, por esto, de comparar la intensidad de diferentes luces, se observa las sombras proyectadas respectivamente a iguales distancias: la que proyecta una sombra mas oscura tiene la luz mas brillante.

636. Cuando el cuerpo luminoso es mayor que el cuerpo opaco que alumbra, el último proyecta una sombra mas grande que el mismo; y esta sombra disminuye conforme a la distancia de la superficie sobre que es arrojada.

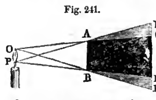
Fig. 240.



Que sea A el punto luminoso, en la fig. 240, y B el opaco. La sombra de B ha de ser menor que B mismo, no importa cuan cerca esté la superficie sobre que sea arrojada; y a medida que se separa la superficie de B, la sombra mengua tambien hasta llegar a un punto en C.

637. La penumbra.—Todo cuerpo luminoso tiene un número infinito de puntos, de cada uno de los cuales parte un haz luminoso. Si se interpone un cuerpo opaco o pantalla, parte del espacio detras de esta queda privada de todos los rayos luminosos, y viene a formar la *sombra* propiamente dicha. La otra parte del espacio citado, aunque algunos de los rayos esten cortados, es, empero, iluminada por otros, y constituye lo que se llama una *penumbra*.

Fig. 241.



Hagamos que O P (fig. 241) sea la llama de una bujía, y A B una pantalla puesta a su frente. El espacio A B C D no es iluminado por ningun rayo de O P, y compone así la sombra de A B. El espacio A E C, aunque privado de los rayos emitidos por el extremo inferior de la llama, está iluminado por su extremo superior; y no es, por tanto, tan oscuro como la sombra misma, y estará mas y mas alumbrado a medida que se acerque a la línea

es una sombra en la Física? Qué hai que observar sobre ellas? 636. Cuándo arroja una sombra mayor o menor que el mismo? Explicadlo por la fig. 240. 637. Qué es la penumbra y en que se diferencia de la sombra? Cómo es que se produce? Ejem-

A E. De este modo, en el espacio B D F los rayos emanados de la parte superior de la llama estan cortados, pero recibe los de la parte inferior, y viene así a estar parcialmente iluminado. El espacio A C E, B D F, forma la *penumbra*, o sombra imperfecta, de A B.

Reflexion de la luz.

638. PROPIEDADES DE LA LUZ. *Absorcion.*—La luz que cae sobre una sustancia, es absorbida, dispersada, reflejada o refractada. Si desaparece totalmente, decimos que es *absorbida*, como cuando cae sobre sustancias negras. No hai sustancia que absorba toda la luz, pues la mas negra de ellas es aun visible, lo cual prueba que sus diferentes partes emiten alguna de la luz que reciben. De aquí viene la *absorcion*, una de las propiedades de la luz.

639. *Dispersion.*—Cuando la luz cae sobre cuerpos opacos, convierte a estos en luminosos, o los hace emitir una luz en todas direcciones, por medio de la cual son perceptibles a la vista. Los cuerpos de esta clase se dice que *dispersan* la luz, porque la desparraman en todas las direcciones de donde sean visibles. Esta propiedad de dispersion es debida a las innumerables pequeñas facetas de las partecillas que componen las superficies mates; por lo que solo una parte de la luz es reflejada o dispersada de un modo irregular, y el resto es probablemente absorbida o destruida.

640. *Reflexion.*—Cayendo la luz sobre superficies pulimentadas, o sobre cuerpos de superficies naturalmente planas y uniformes, es repelida de una manera regular, como una bola elástica que rebota al tirarla contra un plano o suelo duro, y entonces constituye la reflexion.

Aquel ramo de la Optica que trata de las leyes y principios de la luz reflejada, se llama *Catóptrica.*

641. PODER REFLECTOR DE DIVERSAS SUPERFICIES.—Diversas sustancias reflejan la luz que las hiere en diferentes grados, mas ninguna la refleja del todo.

Si hubiera una superficie perfectamente reflectora de la luz; es decir, que

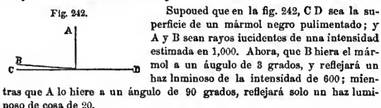
plo. 638. Qué se hace de luz al caer sobre un cuerpo? Qué es absorcion? 639. Qué es dispersion? 640. Qué es la reflexion? De qué trata la Catóptrica? 641. Reflejan

repeliera toda la luz que recibe, nuestra vista no bastaria a distinguir los objetos; y al mirar sobre ella no veriamos sino imágenes de los cuerpos que produjeron los rayos incidentes. Por ejemplo, si la luna reflejara toda la luz que le imparte el sol, apareceria como otro sol; y es debido solo a la falta de una reflexion perfecta y regular, que son visibles los cuerpos no-luminosos que encontramos a cada paso.

Aunque la luz incidente jamas es reflejada del todo, puede ser repelida, con todo, en un grado tan alto de regularidad, que su intensidad misma hace comparativamente pequeña la pérdida de luz reflejada. Tenemos un caso de esto, al hallarnos en frente de un buen espejo colgado en el extremo de una cámara, cuando apenas podemos persuadirnos no haya mas allá otra pieza idéntica a la en que estamos. La superficie del espejo no se divisa absolutamente a la distancia, por efecto de su gran poder reflector.

642. La proporcion de luz incidente reflejada está en relacion con estas dos cosas: 1°. El ángulo a que hiere la superficie; 2°. la clase o condicion de esta superficie.—Cuanto mas oblicuamente hiera la luz una superficie, tanto mayor es la cantidad reflejada.

Fig. 242.



Supoued que en la fig. 242, C D sea la superficie de un mármol negro pulimentado; y A y B sean rayos incidentes de una intensidad estimada en 1,000. Ahora, que B hiera el mármol a un ángulo de 3 grados, y reflejará un haz luminoso de la intensidad de 600; mientras que A lo hiere a un ángulo de 90 grados, reflejará solo un haz luminoso de cosa de 20.

Las superficies pulimentadas y de un color subido reflejan una porcion mayor de luz incidente que las oscuras y apagadas, en lo que se muestra otra coincidencia de las leyes de la luz y del calórico.

Una habitacion con sus paredes blanqueadas es mucho mas alumbrada, que otra con paredes negras o de color bajo; así como una casa pintada con colores vivos, o cubierta con un techo de lata pulida, se distingue de mas léjos que otras con los colores opuestos.

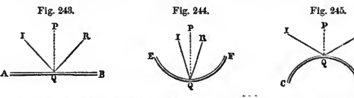
643. Leyes de la luz reflejada.—Si un rayo luminoso R Q (fig. 243) cae sobre una superficie pulimentada, A B, será reflejado en la direccion de I Q; si se tira la línea P Q perpendicular a A B, R Q P vendrá a ser el ángulo de inci-

las sustancias toda la luz que las hiere? Cuál seria el resultado de un principio opuesto? Hasta qué grado es posible la reflexion de la luz? 642. Qué circunstancias determinan la cantidad de luz reflejada? Cuál es la lei general? Un ejemplo demostrativo de ella. Qué superficies reflejan mas luz? Qué se deduce de ello? 643. Cuá-

dencia y P Q I el ángulo de refleccion, y los dos ángulos seran iguales. Las líneas R Q, P Q y I Q descansan en un mismo plano; y tenemos entonces las siguientes leyes de la luz reflejada:

1ª. *Los rayos incidente y reflejado estan en un mismo plano perpendicular a la superficie reflejante.*

2ª. *El ángulo de refleccion es igual al de incidencia.*



Estas leyes son aplicables tanto a las superficies planas como a las cóncavas y convexas, así como se demnestra en las figs. 243, 244 y 245. En cada una de ellas, I representa el rayo incidente, R el reflejado, y P el perpendicular. I Q P, el ángulo que el rayo incidente hace con la perpendicular, se llama el ángulo de incidencia. R Q P, el ángulo que hace el rayo reflejado con la misma perpendicular, es el ángulo de reflexion. El rayo incidente es arrojado de la misma superficie, sin relacion a su forma, de la misma manera, probando que el ángulo de incidencia es igual al de reflexion.

644. Se deduce tambien de estas figuras, que no seria visible un objeto sino por la reflexion de un espejo. Asi, que la parte superior de P Q represente una pantalla opaca, I el objeto de un lado de ella, y R el ojo del espectador del otro. I no es visible a la persona que está mirando directamente en R, a causa de la interposicion de la pantalla; pero como el ángulo de reflexion es siempre igual al de incidencia, puede verlo desde R mirando acia el espejo.

645. *La cantidad de luz reflejada aumenta con el ángulo de incidencia.*—Si la luz cae sobre un medio trasparente perpendicular a su superficie, casi toda la luz entra en el medio, y solo una porcion pequeña es reflejada. Cuanto mas oblicuamente hiera el medio, tanto mas decrece la cantidad de luz refractada, y aumenta la cantidad reflejada.

Si miramos a la imágen del sol en el agua a medio dia, y despnes al ponerse en el horizonte, verémos una diferencia notable. En el segundo caso la imágen aparece tan brillante, que apenas pueden soportar su esplendor nuestros ojos, mientras en el primero lo divisamos sin estorbo. La imágen

---

les son las leyes de la luz reflejada y como se demnestran? Son aplicables a todas las superficies? 644. Cómo son visibles algunos objetos con el auxilio de un espejo? Explicadlo. 645. Cómo aumenta la luz reflejada con el ángulo de incidencia? Mos-

de los objetos a cierta distancia se ven mejor en el agua que la de aquellos mas próximos, por la razon de que los objetos distantes caen mas oblicuamente sobre el agua y se reflejan mas distintamente.

646. *Reflexion total e interna.*—Cuando la luz pasa de un medio denso a uno raro, el ángulo de refraccion es mayor que el ángulo de incidencia, y si el ángulo de refraccion es de 90°, el ángulo de incidencia es menor. Para el agua es de 48° 35′, para un cristal ordinario es de 41° 49 ; y por consiguiente, un rayo luminoso que atraviese el agua o vidrio a un ángulo superior a estos no puede ya salir al aire, sino que es *reflejado totalmente*, obedeciendo a la lei ordinaria de reflexion. Esto se demuestra poniendo una luz debajo de la superficie del agua a la distancia requerida, donde se ve que el ángulo de salida aumenta mas rapidamente que el de incidencia, hasta que la luz sale paralela a la superficie del agua, despues de lo cual ocurre la reflexion total.—Si la luz pasa por un medio trasparente se refleja en una y otra superficie.

647. Fotómetros.—Los *fotómetros* son instrumentos empleados para medir la intensidad comparativa de diversas luces. El principio bajo el cual estan construidos, es el de colocar las luces de modo que iluminen una sola superficie o dos adyacentes con igual intensidad. La intensidad relativa de las dos luces estan entonces, como el cuadrado de sus distancias a las superficies iluminadas.

El fotómetro de Bunsen es el mas simple y conveniente de los inventados hasta hoi. Se convierte en traslúcido un disco de papel de cuatro o cinco pulgadas de diámetro, lavándolo con parafino o estearina disuelta en aceite de trementina o en nafta, dejando solo intacto un pedazito como de una pulgada de diámetro en el centro. Si se pone este disco entre dos luces, en un punto donde su intensidad sea desigual, la parte traslúcida del papel se distingue facilmente de la parte central, pero cuando se lo mueve a un punto donde las dos luces tienen una intensidad igual, todas las partes del papel tienen una apariencia uniforme. No se ve penetrar la luz por el papel, porque es igual la iluminacion de uno y otro lado. Por medio de una barra gradnada, en que estan montados la luz y el disco, se determina la distancia de cada luz del papel, y se calcula su intensidad por los principios sentados.

Espejos.

648. Se llaman *espejos* unos cuerpos de superficie pulimentada, de metal o de vidrio, que hacen ver por reflexion los objetos que se les presenta. Por medio de ellos se observan y aclaran mejor las leyes de la luz reflejada, en virtud

---

trad una aplicacion de esta lei. 646. Qué sucede al pasar una luz de un medio denso a uno raro? Qué cuando pasa por un medio trasparente? 647. Que son fotómetros? En qué consiste el fotómetro de Bunsen? 648. Qué son espejos y qué uso tienen en

de su propiedad de reflejar una porcion mui considerable de la luz que reciben.

649. La expresion *espejo* es aplicada generalmente a los reflectores hechos de vidrio y cubiertos por un lado con una capa de amalgama de estaño y azogue; mientras que se denomina particularmente *espéculos* a los reflectores metálicos de una superficie mui pulimentada. Los mejores espejos de metal se componen de 32 partes de cobre y de 15 partes del mas puro estaño. Tambien se hacen espéculos de acero y de plata. En los espejos de vidrio, parte de la luz reflejada de la primera superficie impide que la imágen salga perfecta; y por esto, cuando se trata de emplearlos como instrumentos para experimentar las leyes de reflexion, conviene preferir los espéculos metálicos. Sin embargo, en el curso de esta obra harémos uso de la palabra espejo en un sentido genérico.

650. En los espejos de vidrio ocurren dos reflexiones: una de la superficie primeramente herida, y la otra de la parte trasera cubierta con la amalgama dicha. Así se presentan dos imágenes del objeto puesto al frente de un espejo, cuya distancia viene a ser igual al espesor del vidrio; pero la imágen producida por la superficie delantera es siempre mui débil e indistinta, de modo que teniendo la otra una capa gruesa y bien puesta, la segunda imágen es entonces tan superior a la ténue, que la hace desaparecer del todo.

651. Formas de los espejos.—Los espejos son, por su forma, *planos*, *cóncavos* y *convexos*. Los primeros son los que reflejan la luz de una superficie plana, como queda visto por la fig. 243; cóncavos son aquellos que la reflejan de una superficie curva acia dentro o hueca (fig. 244); y convexos, los que la reflejan de una superficie esférica saliente a los costados externos (fig. 245).

Mas genéricamente hablando, todos los espejos son planos o curvos; y estos últimos pueden ser esféricos, elípticos o parabólicos, conforme correspondan a iguales figuras geométricas. Los espejos curvos, ya sean cóncavos o convexos, pueden ser considerados como hechos de un número infinito de espejos planos, cada uno de ellos perpendicular a un radio tirado del centro del espejo.—Un espejo cóncavo bruñido de ambos lados viene a ser convexo, cuando se presenta con su costado opuesto a los rayos incidentes.

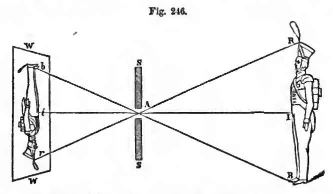
652. Imágenes.—Se entiende por imágen de un objeto, la pintura luminosa de él producida por los rayos procedentes de sus diversos puntos. Una imágen está invertida cuando representa el objeto dado vuelta, o con su parte inferior puesta para arriba.

---

la Física? 649. Qué relacion hai entre las expresiones espejos y espéculos? 650. Cómo se verifica la multiplicacion de imágenes en los espejos de vidrio? 651. Cuántas formas hai de espejos? Qué son espejos planos, convexos y cóncavos? En qué se divi-

La fig. 246 explica bien la formacion de una imágen. R B representa un soldado con casaca roja y pantalones azules, que está en la muralla blanca opuesta, W, bajo la luz de un claro sol. Suponed que se abran los postigos

Fig. 246.



S S, y no solo la luz reflejada de la persona del soldado, sino que otros rayos penetren igualmente en el aposento, causando una mezcla de los colores de la luz, o dándole el color blanco, con lo que los tintes rojos y azules del vestido desaparecen y no se forma ninguna imágen. Ahora que se cierren los postigos, S S, dejando solo una abertura mui pequeña, por la cual se permita pasar los rayos reflejados de la figura a la muralla. Como la luz se propaga en lineas rectas, el rayo R herirá la pared en *r*, B en *b*, e I en *i*. Tendrémos así una imágen invertida, y como cada rayo retiene su color, la casaca permanecerá roja y los pantalones azules. Este experimento confirma dos principios ya sentados: 1°. Que cada rayo se mueve en linea recta; 2°. que un número infinito de rayos pueden cruzarse entre sí, sin intervenir, por esto, en el efecto que cada uno produciria separadamente.—Se sigue tambien de lo dicho, que las imágenes formadas por las aberturas son siempre invertidas.

653. *Imágenes virtuales y reales.*—En la direccion de los rayos reflejados por los espejos, hai que distinguir aquellos que son divergentes de los convergentes. En el primer caso no se encuentran los rayos reflejados, pero si se considera que se prolongan por el otro lado del espejo, concurren en un punto. Afectado el ojo, cual si partiesen de este punto los rayos, ve en él una imágen que no deja de ser una ilusion; pues en realidad no existe, porque los rayos luminosos no pasan al otro lado del espejo. De aquí proviene el nombre de *imágen virtual*, es decir, que tiende a producirse, pero que no se forma en realidad. Tales son siempre las imágenes que dan los espejos planos.

En el segundo caso, cuando los rayos reflejados convergentes, como lo vamos a ver pronto, van a concurrir en un punto situado delante del espejo

---

den los espejos curvos? 652. Qué son imágenes? Explicad su formacion por la fig. 246. Qué se deduce de esta explicacion? 653. Qué son imágenes virtuales? Cuáles

y en el lado mismo en que se encuentra el objeto, forman allí una *imágen real*, esto es, que realmente existe y se la puede recibir sobre una pantalla y obrar químicamente sobre algunas sustancias. En resúmen, puede decirse que las imágenes reales son las que forman los mismos rayos reflejados, y las imágenes virtuales las qne forman sus prolongaciones.

654. Reflexion de los espejos planos.—Los espejos planos no alteran la direccion relativa de los rayos incidentes. Si estos rayos incidentes son *paralelos*, permanecerán paralelos despues de la reflexion; si *divergentes*, continuarán divergiendo; y si *convergentes*, seguirán convergendo, y aparecerán como si emanasen de un punto tan atras del espejo, como el punto luminoso que está realmente delante de él. Estos principios se ven explicados en la fig. 247.

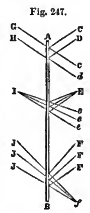


Fig. 247.

A B es un espejo plano. C D son los rayos paralelos que hieren su superficie. Estos rayos estan reflejados en líneas paralelas a *c*, *d*; y para un espectador desde estos puntos, aparecerán como si realmente partiesen de G, H, tan distante de la trasera del espejo, como E que está al frente.

E es un haz luminoso divergente. Despues de la reflexion, sus rayos continuan divergiendo a *e*, *e*; y al espectador le parece que divergen en líneas rectas continnadas del punto I, tan atras del espejo, como E que está delante.

F, F, F, representan rayos convergentes. Despues de la reflexion, siguen convergiendo hasta encontrarse en el punto *f*. Un espectador en *f* los supondria venir en líneas continuadas de J, J, J, detras del espejo, a una distancia igual a F, F, F, que se encuentran adelante del mismo.

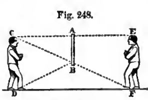
655. Las imágenes de los objetos, vistos en un espejo plano, tienen la misma forma y distancia del espejo que los objetos mismos. Si andamos acia un espejo, nuestra imágen parece avanzarse acia nosotros; y cuando nos apartamos de él, la imágen tambien retrocede. La imágen parece estar siempre a la misma distancia del espejo que el objeto mismo.

656. Siendo el ángulo de reflexion igual al ángulo de incidencia, se sigue que una persona puede ver toda su figura reflejada de un espejo comparativamente pequeño, como se demuestra en la fig. 248.

---

son reales, y por que llevan estos nombres? 654. Cuál es la lei de la reflexion en los espejos planos? Cómo se ven los objetos en un espejo plano? Explicad por la fig. 247 la reflexion de los rayos paralelos divergentes y convergentes de un espejo plano. 655. Qué otra particularidad se observa en los espejos planos? 656. Cómo puede

Fig. 248.



C D representa un hombre colocado en frente de un espejo, A B. El rayo incidente de la cabeza, C, hiere el espejo perpendicularmente, es reflejado atras en la misma línea, y parece venir de E. El rayo de su pie, D, hiere el espejo en B, es reflejado en un ángulo igual a su ojo, y aparece como si viniera en una línea seguida de F. Viéndose los extremos de su persona, las partes intermedias son por consiguiente visibles tambien, formando una completa imágen. Para que una persona vea su figura entera en un espejo mas pequeño que el mismo, debe retirarse del espejo hasta que los rayos de sus pies lo hieran a un ángulo en que sean reflejados a su vista.

657. *Imágenes formadas por los espejos planos.*—El tamaño de las imágenes formadas por los espejos planos no cambia, a menos que ellas aparezcan mas pequeñas por su aparente distancia detras del espejo.

658. Como la imágen presenta un objeto a la inversa, si el espejo es vertical (esto es, perpendicular al suelo), el lado derecho de un objeto vendrá a ser el izquierdo de la imágen, y el lado izquierdo del objeto el derecho de la imágen. Si una persona se pone al frente de un espejo con un libro en su mano derecha, el libro parecerá estar en la mano izquierda de su imágen; y si es una página impresa la que así coloca al frente del espejo, no podrá leerla, porque la reflexion da vuelta a las letras y palabras, costado por costado.—Colóquese el mismo espejo plano en una posicion horizontal, y la imágen que antes tenia simplemente sus costados traspuestos, ahora aparecen invertidos. Por el mismo principio un árbol u otro objeto reflejado en la superficie de un estanque o laguna se ve invertido.

659. Imágenes repetidas por reflectores inclinados.—Cuando se coloca un objeto entre dos espejos, formando un ángulo entre sí de 90° o menos, se producen muchas imágenes, que varian en número conforme a la inclinacion de los espejos. Si se le pone perpendicular el uno al otro, se verán tres imágenes. Siendo la inclinacion de los espejos de 60°, se forman cinco imágenes; y cuando el ángulo está a 45°, se producen siete imágenes. El número de imágenes sigue aumentando a medida que disminuye la inclinacion de los espejos; y cuando los espejos vienen a quedar paralelos, el número de imágenes es *teoreticamente* infinito;

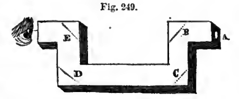
verse la figura entera de una persona en un pequeño espejo? Explicadlo con la fig. 248. 657. Cambian las imágenes formadas por los espejos planos? 658. Qué alteracion sufre la imágen cuando el espejo está vertical o horizontal? 659. Qué número de imágenes se reproducen por medio de espejos en ángulos y segun los grados de estos?

mas como a cada reflexion se pierde algo de la luz, y las imágenes sucesivas aparecen mas y mas distantes, solo se divisa cierto número de imágenes.

660. *El kaleidóscopo.*—Los principios antes asentados han sido aplicados por Sir David Brewster a la construccion del precioso juguete conocido con el nombre de *kaleidóscopo*. Este aparato consta de dos tiras angostas de un vidrio que corren a lo largo de un tubo, y forman entre sí un ángulo de 60 o 45 grados. Un extremo del tubo, al cual se aplica la vista, está cubierto con un cristal claro; y el otro termina en una celda formada por dos discos de vidrio de un octavo de una pulgada a parte, de los cuales uno es deslustrado para impedir que los objetos externos hagan perder el efecto. Esta celda contiene cuentas o pedazitos pequeños de vidrio de diversos colores, que se mueven libremente entre sí. Mirando por el tubo, se ve los objetos en la celda multiplicados por las repetidas reflexiones de los espejos, y simétricamente arreglados con sus imágenes en un centro comun. Sacudiendo el tubo, damos relativamente nuevas posiciones a los objetos, y se presentan nuevas y brillantes combinaciones.

661. *La perspectiva mágica.*—Disponiendo cuatro espejos planos de la manera que se ve en la fig. 249, puede una persona ver un objeto, mirando directamente, aunque se interponga una pantalla.

Fig. 249.



Una caja rectangular se dobla cuatro veces en ángulos rectos; y en cada uno de estos ángulos se pone un espejo, B, C, D, E, a una inclinacion tal que el rayo incidente lo hiera a un ángulo de 45°. Entonces, cualquier objeto encontrado con la abertura A, es visible al ojo que mire por el otro extremo, aunque se coloque una pantalla opaca entre los brazos del instrumento. Los rayos del objeto hieren primero a B en un ángulo de 45°, y son reflejados en el mismo ángulo a C, de ahí a D, de este a E, y finalmente a los ojos del espectador. El inventor de este aparato recomienda su uso en tiempo de

660. Qué es el kaleidóscopo? Explicad su construccion. 661. Cómo se produce la perspectiva mágica? En qué consiste y qué uso se ha querido hacer de este aparato?

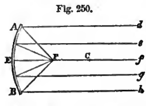
guerra, para descubrir los movimientos de un enemigo sin exponer la persona del observador; pero hasta aquí no se le ha dado otra aplicacion mas séria que la de entretener los niños. Se llama tambien *polemóscopo.*

662. Reflexion de espejos cóncavos.—El efecto general de los espejos cóncavos es el hacer los rayos incidentes mas convergentes o menos divergentes. En los mas casos, las imágenes se reproducen al frente de ellos.

La teoría de la reflexion de los espejos curvos se deduce facilmente de las leyes de reflexion por espejos planos. Cada punto en el espejo curvo puede considerarse como un punto en el espejo plano, de tal manera situado que su perpendicular, donde el rayo luminoso va a herirla, coincide con el radio del espejo curvo en aquel punto.—Una línea tirada de un punto en un espejo esférico, será perpendicular al espejo en aquel punto, y tambien perpendicular a cualquier espejo plano que toque el espejo curvo en aquel punto.

663.· *Focos de los espejos cóncavos.*—El *foco* de un espejo curvo es aquel punto acia que convergen los rayos reflejados. Los rayos paralelos que caen sobre un espejo cóncavo convergen, despues de la reflexion, a un punto equidistante entre el espejo y la esfera, de que el espejo forma parte. Este punto se llama el *foco principal.*

Fig. 250.



En la fig. 250, A E B representan un espejo cóncavo, haciendo parte de la superficie de una esfera, de la cual C es el centro. Los rayos paralelos *d, e, f, g, h,* son reflejados al foco principal F, equidistante entre la superficie y el centro C.

No solo la luz es concentrada en el foco sino tambien el calor, como lo hemos notado otra vez (§ 508). Yesca, madera, o cualquier otro material combustible, se enciende facilmente, y con una combinacion de tales espejos se puede producir el mas intenso calor; por lo que a veces se les llama *espejos ustorios.*

664. Los rayos convergentes reflejados de un espejo cóncavo convergen mas y mas.—Los rayos divergentes reflejados de espejos cóncavos son afectados diversamente, conforme a la posicion del punto de que divergen.

665. Los rayos divergentes que emanan del foco prin-

662. Cuál es el efecto de la reflexion de los espejos cóncavos? Qué relacion tiene con la de los espejos planos? 663. Qué es el foco de un espejo curvo? Cuál es el foco principal? Explicadlo por la fig. 250. Cómo es aplicable esta lei al calórico? 664. Cuál es el efecto de los espejos cóncavos en los rayos convergentes? Cuál de los

cipal de un cuerpo cóncavo son paralelos entre sí, como se nota obviamente de la fig. 250. Los rayos divergentes de F, despues de herir el espejo, se reflejan en líneas paralelas a *d*, *e*, *f*, *g*, *h*.

Este principio es aplicado a los faros. Se coloca la luz en el foco de un espejo cónçavo, y sus rayos son reflejados en líneas paralelas de cada punto de la superficie del espejo. No se produce imágen de la luz, pero toda la superficie del espejo aparece iluminada.

666. Los rayos divergentes que emanan de un punto entre el foco principal y el espejo, se hacen menos y menos divergentes despues de la reflexion. Un objeto en esta posicion forma una imágen mas grande que él mismo, la que parece estar situada detras del espejo.

667. Los rayos divergentes que salen de un punto entre el foco principal y el centro, van a converger, despues de la reflexion, a un foco en el otro lado del centro. Entonces se divisa una imágen invertida y suspendida en el aire. Esta imágen se hace mas distinta, y su efecto es mucho mas notable, levantando una nube de ligero humo azulado por medio de una escalfeta o braserito colocado debajo.

Tapando con pantallas el espejo, el objeto y la luz que lo ilumina, y dejando pasar los rayos reflejados por una abertura, podemos dar a la imágen toda la apariencia de una realidad. El espectador divisa deliciosas frutas colgando en el aire sin sosten aparente, y apenas podrá convencerse sea una ilusion, aunque trata inutilmente de palparlas; veria una cuba de agua dada vuelta sin que su contenido se derramase, y hombres animados que se pasean sobre su cabeza. Con aparatos de esta clase, los mágicos de la Edad Media efectuaban sus milagros, asustando al inexperto con apariciones de calaveras, espadas desnudas, esqueletos, ánimas, etc.

668. Rayos divergentes que parten del centro son reflejados por el espejo cóncavo al mismo punto. En este, como en todos los otros casos, el ángulo de reflexion es igual al de incidencia. Si hieren la superficie en ángulos rectos, son reflejados al centro en ángulos rectos.

---

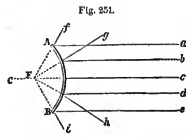
divergentes? 665. Cuál es el efecto de los mismos en los rayos divergentes del foco principal? Su aplicacion a los faros. 666. Qué efecto producen los espejos cóncavos en los rayos divergentes de un punto entre el foco principal y el espejo? 667. Cuál en los rayos divergentes del foco principal y el centro? Cómo se producen efectos extraordinarios con estos espejos? 668. Qué efecto ejercen los rayos divergentes del

669. Rayos divergentes que proceden de un punto mas allá del centro, despues de la reflexion en un espejo cóncavo, convergen a un punto en el otro lado del centro. En este caso, la imágen es invertida y mas pequeña que el objeto.

670. Reflexion por espejos convexos.—En general, el efecto de los espejos convexos es hacer mas divergentes o menos convergentes los rayos incidentes. Las imágenes que producen, así como las de los espejos planos, parecen ponerse detras de ellos, y son comunmente erguidas y mas pequeñas que los objetos que representan.

671. *Foco virtual.*—Los rayos paralelos que hieren un espejo convexo tienden a divergir, como si procedieran de un punto detras del espejo, y que se llama el *foco virtual.* Este punto está equidistante entre el espejo y el centro de la esfera que el espejo formaria, como si se extendiese en curvatura uniforme.

Fig. 251.



En la fig. 251, A B representa un espejo convexo, que viene a ser parte de la superficie de una esfera, de la que C es el centro. Los rayos paralelos *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, divergen despues de la reflexion a *f*, *g*, *c*, *h*, *i*, como si hubieran procedido del foco virtual, F, en el otro lado del espejo. F está equidistante entre el espejo y su centro C.

672. Los rayos divergentes que caen en un espejo convexo se hacen mas divergentes por la reflexion. Los rayos convergentes, al contrario, resultan menos convergentes, viniendo a ser paralelos en algunos casos.

673. Eje secundario.—Cuando un punto luminoso no está situado en el eje principal del espejo, se tira una linea del punto radiante por el centro de la curvatura, lo que constituye el *eje secundario;* y el foco del *haz luminoso*

---

centro? 669. Cuál en los que parten de un punto mas allá del centro? Qué imágen producen entonces? 670. Cuál es efecto general de los espejos convexos? Qué imágenes producen? 671. Qué el foco virtual? Explicadlo por la fig. 251. 672. Cuál es el efecto de los espejos convexos en los rayos divergentes y en los convergentes?

oblicuo que diverge del punto radiante, viene a hallarse en este eje secundario. De la misma manera podemos tirar ejes secundarios, y determinar los focos, ya sean reales o virtuales, para cualquier número de puntos en un objeto luminoso.

674. *Regla general para la construccion de las imágenes en los espejos.*—Para construir la imágen de un punto: 1°. se tira el eje secundario de este punto; 2°. se traza del punto dado al espejo un rayo incidente cualquiera; 3°. se une el punto de incidencia con el centro de la curvatura del espejo por medio de una línea recta: esta será la perpendicular a aquel punto y mostrará el ángulo de incidencia; 4°. se tira desde el punto de incidencia, en el otro lado de la perpendicular, una línea recta que forme con ella un ángulo igual al ángulo de incidencia. Esta última linea representa el rayo reflejado, que prolongándose hasta cruzar al eje secundario, determina el lugar donde se forma la imágen del punto dado. 5°. Determínase la posicion de cualquier otro punto en el objeto de la misma manera.

675. *Espejos parabólicos.*—Los *espejos parabólicos* son espejos cóncavos cuya superficie es la que se forma por la revolucion de un arco de parábola, que gira al rededor de su eje. En los espejos esféricos, los rayos paralelos al eje no concurren sino aproximadamente en el foco principal, resultando que un manantial de luz colocado en el foco de estos espejos, no puede enviar sus rayos reflejados rigorosamente paralelos al eje. Este inconveniente está evitado en los espejos parabólicos, mas difíciles de construir que los esféricos, pero mui preferibles a ellos como reflectores. Por esto, se les emplea en los ferrocarriles y lugares públicos, y aun antes estaban en uso en los faros, aunque hoi han sido reemplazados por las lentes, como lo verémos mas tarde. Dos lámparas parabólicas unidas por sus intersecciones, sirven para iluminar un camino, un túnel, etc., en dos direcciones opuestas.

Refraccion de la luz.

676. Cuando la luz hiere un cuerpo trasparente, parte de ella es reflejada y hace visible el objeto; y el resto penetra el cuerpo, y es parcialmente absorbido y trasmitido a su traves. Conforme a la teoria ondulatoria, diriamos que algunos de las ondulaciones que hieren el cuerpo trasparente son reproducidas en el mismo medio con un cambio de direccion, mientras que otras son detenidas en el mismo cuerpo, y otras, por fin, son trasmitidas por él con ciertas modificaciones.

---

673. Qué se llama el eje secundario y como se tira? 674. Cuál es la regla para la construccion de las imágenes de los espejos? 675. Qué son espejos parabólicos y cual es su uso? 676. En qué consiste la refraccion, conforme a la teoria de las ondulaciones?

Habiendo tratado de la parte de la luz que es reflejada, ahora vamos a ver la que entra el cuerpo trasparente.

677. Cuanda la persona que boga una barquilla sumerge el remo en el agua, este parece quebrado en el punto de inmersion. Lo mismo se observa cuando se mete oblicuamente una cuchara o baston en una cuba de agua. Al retirarse estos objetos del líquido, los hallamos rectos e invariables. Es evidente, por tanto, que los rayos que emanan de las partes sumergidas son desviados de su curso al entrar en el aire, de modo que los puntos de que parten aparecen como si yacieran donde realmente no yacen. Los rayos deviados de su curso se dice que son *refractados.*

678. *Refraccion.*—La *refraccion* es aquel cambio de direccion que un rayo de luz experimenta al pasar oblicuamente de un medio a otro.

Como un ejemplo tenemos el rayo A en la fig. 252. Si no hubiera agua en la vasija, el rayo iria en línea recta a B; estando llena, es refractada a C.

679. Dióptrica.—Aquel ramo de la Optica que trata de las leyes y principios de la luz reflejada, se llama la *dióptrica.*

680. Poder refringente de diversos medios.—Todos los medios no tienen el mismo poder refringente. Los rayos luminos que pasan del aire al agua, al alcohol, al vidrio y al hielo, son desviados de su curso en diversos grados por cada uno de ellos. El medio que posee un gran poder refringente, se llama *denso;* y otro que lo tiene menos o poco, se dice que es *raro.* Estos términos aplicados a la Optica, expresan un significado mui distinto del que se les da en los otros ramos de la Física.

Por regla general, son mas densos los medios que tienen la mayor gravedad específica; y de los que poseen la misma gravedad específica, el mas inflamable es el mas denso. Las siguientes sustancias estan colocadas por el órden de su poder refringente, de las cuales el cromato de plomo, un sólido trasparente, es el mas denso: Cromato de plomo, diamante, fósforo, azufre, concha nácar, cuarzo, ámbar, cristal de espejo, aceite de olivas, alcohol, agua, hielo, aire, oxígeno, hidrógeno.

681. Leyes de la luz refractada.—1°. *En un medio*

---

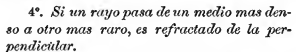
677. Dad algunos ejemplos familiares de ella. 679. De qué trata la Dióptrica? 680. Cuál es poder refringente de varios medios? Qué son medios densos y raros, y cual el sentido que se les da aquí? Cuál es la regla general respecto al poder refrin-

homogeneo, no ocurre la refraccion; pues solo al pasar de un medio, o de la superficie de un medio, a otro mas raro o mas denso, el rayo es desviado de su curso.

2°. *Solo los rayos que penetran un medio oblicuamente son refractados; y no si entran a ángulos rectos.*

3°. *Cuando un rayo pasa oblicuamente de un medio mas raro a otro mas denso, es refractado acia una línea perpendicular a la superficie.*

Fig. 252.



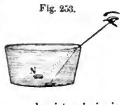
En la fig. 252, el rayo A pasa del aire, un medio mas raro, al agua, que es un medio mas denso, y en vez de tirar en línea recta a B, será refractado a C, mas cerca de la perpendicular.

4°. *Si un rayo pasa de un medio mas denso a otro mas raro, es refractado de la perpendicular.*

Que el rayo B, en la fig. 252, pase oblicuamente del agua al aire, y en vez de ir en línea recta a A, será refractado a D, mas distante de la perpendicular.

682. Un experimento interesante y al alcance de todos, puede efectuarse para explicar la refraccion y demostrar la verdad de las proposiciones anteriores. Póngase una moneda en el fondo de una vasija vacía (fig. 253), y fíjese la vista de manera que desaparezca justamente la pieza por la interposicion del borde. Mientras en esta postura, viértase en ella agua, y entonces la moneda se divisará, porque los rayos emitidos por su superficie son refractados a los ojos del observador. Aparentemente la moneda parece hallarse en N, mas arriba del fondo de la vasija, pues los rayos que van a parar a la vista, si siguieran la línea recta, concurririan en este punto.

Fig. 253.



El cambio efectuado por la refraccion en la posicion aparente de un objeto muchas veces nos engaña, respecto a la profundidad de una sábana de agua mirada desde su ribera. Los objetos qne divisamos en el fondo, yacen como si estuvieran muchos pies mas cerca de la superficie de lo que estan realmente, y si alucinados por las apariencias nos aventuramos acia tales parajes, sacrificariamos nuestras vidas en la empresa.

683. Refraccion atmosférica.—Los rayos de los cuer-

---

gente de varias sustancias? 681. Cuáles son las leyes de la luz refractada y explicadlas? 682. Qué experimento importante se puede hacer para demostrar la refraccion?

pos celestes que penetran oblicuamente nuestra atmósfera viniendo de un medio mas raro, son refractados acia la perpendicular. Por esto, nunca vemos estos cuerpos en su posicion real, sino cuando estan directamente sobre nuestra cabeza.

El sol es a veces visible antes que se haya levantado del horizonte, y seguimos viéndolo de noche despues que so ha ocultado. El crepúsculo no es sino el resultado de las reflexiones y refracciones sucesivas de sus rayos por las capas atmosféricas de densidades diversas, despues que ha desaparecido. Como estas capas van siendo mas densas a medida que nos aproximamos al suelo, y como en un mismo gas crece el poder refringente con la densidad, resulta de ahí que al entrar en la atmósfera y propagarse en ella los rayos luminosos, se quiebran, describiendo una curva que llega hasta el ojo, y vemos el astro en la direccion de la tangente a esta curva en vez de su posicion real.

684. *Mirages.*—El mirage, o espejismo, es una ilusion de óptica que hace percibir, en el suelo o en la atmósfera, la imágen invertida de los objetos lejanos. Se observa principalmente este fenómeno en los paises cálidos, y particularmente en las llanuras arenosas del Ejipto. El suelo presenta, en estos casos, el aspecto de un lago tranquilo, sobre el cual se reflejan los árboles y poblaciones inmediatas. El mirage se llama tambien *morgaña* ó fata-morgana.

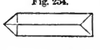
Este fenómeno resulta de la desigual densidad de las capas atmosféricas, cuando se hallan dilatadas por su contacto con el suelo mui caliente. Las capas inferiores son aquí menos densas, y un rayo luminoso que se dirige de un objeto elevado al suelo, atraviesa capas menos y menos refringentes, describiendo así una curva acia nuestros ojos; y aparecé como si viniera de un punto distante en el aire, que yace en la direccion de la línea descrita por el rayo al entrar en la vista.

Hai ocasiones en que este fénomeno ocurre a los navegantes en alta mar, divisando en la atmósfera la imágen invertida de las costas o de los buques lejanos. El capitan Scoresby de un buque ballenero, reconoció una vez la nave de su padre, que se hallaba a mas de 30 millas de distancia de la suya.

Cómo nos engaña a veces la refraccion en el agua? 683. Qué efectos produce la refraccion atmosférica en la apariencia de los cuerpos celestes? Cómo se explica el fenómeno del crepúsculo? 684. Qué es el mirage? Cómo se explica? No ocurre tam-

Prismas y lentes.

685. Se llaman *prismas*, en la Optica, todo medio trasparente, generalmente un vidrio sólido, cuyas caras planas son tres o mas paralelógramos inclinados entre sí. El prisma mas usado tiene tres lados rectángulos y los extremos son triángulos iguales y paralelos (fig. 254).


Fig. 254.

La línea en que dos caras se interceptan, es una línea recta llamada *arista* del prisma, y el ángulo que comprenden es el *ángulo refringente.*

686. *Direccion de los rayos en los prismas.*—El rayo luminoso que cae sobre un prisma debe atravesar dos de sus superficies; y si hiere a ambas oblicuamente, será refractado dos veces; pero si hiere una superficie perpendicularmente y la otra oblicuamente, será refractado una sola vez. En uno u otro caso, el objeto de que parte la luz parecerá yacer en una posicion mas o menos distinta de la real.

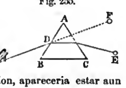


Fig. 255.

La fig. 255 muestra el efecto refringente de un prisma. Un rayo de E entra del aire, un medio mas raro, en el prisma A B C, y es refractado a D, y al pasar de nuevo al medio mas raro, es refractado en aquel punto al ojo. El objeto de donde nace parece yacer en F, en cuya direccion el rayo entra el ojo. Si hubiera ocurrido una refraccion, apareceria estar aun mas elevado de su posicion real, aunque no tanto; lo que se expresa diciendo, que los *objetos, vistos al traves de un prisma, aparecen desviados acia su vértice.*

Si se mira una vela a traves de un prisma triangular, y se hace girar lentamente el prisma en su eje, se encontrará una postura en la cual la posicion aparente de la vela difiere menos de la real. En cualquiera otra direccion que se vuelva el prisma, aumentará la diferencia entre la posicion aparente y real de la vela.

687. Lentes.—Las *lentes* son unos medios trasparentes que, atendida la curvatura de su superficie, tienen la propiedad de hacer converger o divergir los rayos luminosos que las atraviesan.

Las lentes tienen dos superficies pulimentadas, de las

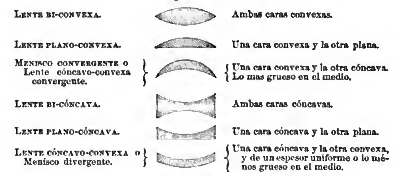
---

bien en el mar? 685. Qué son prismas? Cuál es su forma? 686. Cuál es la lei de la marcha de los rayos en el prisma? Explicadla con la fig. 255. Cómo se verifica esta lei a la luz de una vela? 687. Qué son las lentes? Cuál es su forma y que efecto

cuales ambas son curvas o una curva y otra plana. Su efecto general es refractar la luz, y agrandar o disminuir los objetos vistos a su traves; y son comunmente hechos de vidrio; pero para anteojos se prefiere el cristal de roca, porque es mas duro y ménos fácil de rayarse.

688. *Clases de lentes.*—Las lentes se dividen en seis clases segun su curvatura. En la fig. 256 se ve estas seis clases, con el nombre de cada una a un lado, y una explicacion en el otro.

Fig. 256.



De estas clases, las tres primeras, es decir, las mas espesas en el centro, son denominadas lentes convexas, y su efecto es tender a que los rayos pasen por ellas mas inclinados los unos a los otros. Las otras tres que se siguen, y que son las mas delgadas en el centro, se conocen como *lentes cóncavas* y producen el efecto de inclinar los rayos mas y mas aparte entre sí.

Las lentes cóncavo-convexas que tienen sus dos superficies paralelas (como en la figura anterior), no cambian la direccion de los rayos que las atraviesan, porque el efecto convergente de la superficie convexa es anulado por el efecto divergente de la superficie cóncava. Si la superficie convexa tiene una curvatura mayor que la superficie cóncava, la lente resulta ser un menisco. Si la superficie cóncava tiene una curvatura mayor, viene a ser una lente cóncava, y participa de las propiedades de aquella clase.

Otra clasificacion divide las lentes en esféricas, cilíndricas o parabólicas, segun la figura de cada cual. Las primeras son las únicas que se usan en los instrumentos de Optica, y se hacen generalmente del cristal ingles, dicho *crown-glass* o *crunglas*, vidrio que no contiene plomo, o de *flint-glass*, que lo contiene y es mas refringente que el otro.

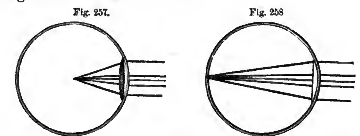
689. REFRACCION POR LENTES CONVEXAS.—El efecto ge-

---

producen? 688. Cuántas clases hai de lentes? Enumeradlas con la descripcion de cada una. Qué otras clasificaciones se hace de ellas en cuanto a su efecto y forma?

neral de las lentes convexas es triple: 1°. hacen que los rayos que pasan por ellas se inclinen mas entre sí que anteriormente; 2°. nos permiten ver objetos que eran invisibles a la simple vista a causa de la distancia; 3°. agrandan los objetos que se ve por ellas.

690. Una lente de vidrio bi-convexa, con sus caras igualmente convexas, trae los rayos paralelos que pasan por ella a un foco en el centro de la esfera, de la cual forma parte la superficie de la lente herida primero por el rayo. Esto se observa en la fig. 257. Los rayos convergentes concurrirán a un foco entre el centro y las lentes; y los rayos divergentes al otro lado del centro.


Fig. 257. Fig. 258

Una lente plano-convexa atrae los rayos paralelos a un foco, a una distancia de las lentes casi igual al diámetro de la esfera de que forma parte la superficie convexa de las lentes. Así se nota en la fig. 258.

691. Las lentes convexas reunen el calor como la luz en sus focos, y se les llama a veces, por esto *lentes ustorias*. Esto se experimenta con el vidrio de cualquier anteojo comun. Estando concentrados todos los rayos en la superficie sobre este solo punto, *el calor en el foco es tantas veces mayor que el calor ordinario del sol, como el área de las lentes es mayor que el área del foco.* Si el área de la lente es de 100 pulgadas cuadradas, y el del foco $^1/_4$ de una pulgada, el calor ordinario del sol será aumentado 400 veces.

692. El segundo efecto de las lentes convexas es una consecuencia del primero. La luz mengua en intensidad, como queda sentado, conforme al cuadrado de la distancia

689. Cuál es el efecto general de las lentes convexas? 690. Cuál es el efecto de las lentes bi-convexas sobre los rayos paralelos, convergentes y divergentes que pasan por ellas? Cuál de la lente plano-convexa sobre los rayos paralelos? 691. Qué son lentes ustorias, y en qué proporcion concentran el calor respecto a la luz ordinaria del sol? 692. Cómo podemos ver los cuerpos celestes por medio de las lentes con-

del cuerpo luminoso; y por tanto, los rayos de las estrellas mui remotas vienen a ser tan débiles al tiempo de llegar a los ojos, que no producen la sensacion de la vision. Pues bien, la lente convexa concentra al ojo colocado en su foco un gran número de estos rayos lánguidos, y hace visible el objeto distante.

693. El tercer efecto de las lentes convexas es aumentar los objetos vistos por su medio, y se les llama por eso a veces *microscopios* o vidrios de aumento. Tales son los anteojos comunes, y los que usan los grabadores, joyeros, y otros artistas de obras finas, que no son sino lentes convexas.

694. Refraccion por lentes cóncavas.—Los efectos de las lentes cóncavas son lo contrario de los de las convexas. 1°. Hacen divergir los rayos que pasan por su medio mas y mas aparte entre sí; 2°. disminuyen los objetos vistos por ellos.

695. Todas estas leyes relativas a los prismas y lentes son aplicables a los rayos de luz que pasan a ellos por un medio mas raro, como el aire. Si ellos emergen de un medio mas denso, los resultados serán el reverso, es decir, las lentes convexas tendrán un efecto divergente y disminutivo, y las lentes cóncavas un efecto convergente y aumentativo.

696. *Vidrios con superficies paralelas.*—Cuando los rayos pasan por un medio refringente que tiene superficies paralelas, no emergen de él precisamente en la misma linea, sino en una direccion paralela a la que entraron. La última refraccion anula el cambio de direccion producida por la primera. Así es como vemos los objetos casi en su posicion real a traves de los vidrios de una ventana. Las irregularidades en los vidrios hace ver los objetos fuera de su propio lugar.

Fig. 259.

697. *Vidrios multiplicantes.*—Si una lente plano-convexa tiene su superficie convexa quebrada en muchas superficies planas, el objeto visto a su traves será multiplicado tantas veces como hai superficies planas o facetas.

En la fig. 259, A B representa un vidrio multiplicante, y D un objeto visto por su medio. El rayo D C,

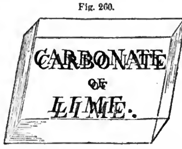
vexas? 693. Qué son microscopios o vidrios de aumento? 694. Cuáles son los efectos de las lentes cóncavas? 695. A qué otros casos se aplican las leyes de los prismas y las lentes? 697. Qué son vidrios multiplicantes? Cómo se efectua esta multipli-

al herir ambas superficies perpendicularmente, llega a la vista sin refraccion; pero D I y D F que caen oblicuamente, sufren dos refracciones, que los llevan tambien al ojo en el foco. Como los objetos son vistos en la direccion en que los rayos entran el ojo, tres objetos como D serán visibles: uno en D, en su posicion real; los otros en la direccion de las lineas entrecortadas, en G y H.

698. Refraccion doble.—Algunas sustancias, principalmente minerales, tienen la propiedad de hacer que los rayos que las atraviesan tomen dos caminos distintos, produciendo así dos imágenes. Este fenómeno se llama *doble refraccion.*

Un cristal de carbonato de cal, llamado Espato de Islandia, es una de las mejores sustancias para mostrar la refraccion doble. Póngasele sobre un papel escrito en renglones, y cada renglon aparecerá doble, como se ve en la fig. 260.

Fig. 260.



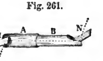
Manteniendo la misma cara en el papel, y haciendo girar el cristal sobre su eje, hallarémos que las dobles lineas continuan paralelas, pero que la distancia entre ellas varia: disminuye hasta que coinciden, y entonces aumentan. En seguida, la distancia va disminuyendo hasta que coinciden otra vez, y entonces vuelve a aumentar de nuevo. Durante cada revolucion del cristal, las lineas coincidirán dos veces. Un solo haz luminoso se refracta así en dos distintos haces, uno de los cuales siguiendo la lei usual de la refraccion, se llama *haz luminoso* ordinario, mientras el otro que se desvia de esta lei, se llama *haz luminoso extraordinario.*

Polarizacion de la luz.

699. Se dice que la luz está *polarizada*, cuando, al ser refractada por ciertos cristales o reflejada por una superficie pulida que ella hiere en un cierto ángulo, es absorbida por una superficie semejante perpendicular a la primera, aunque es reflejada o trasmitida por una que forme cualquier otro ángulo con ella.

A y B (fig. 261) son dos tubos abiertos por los extremos, y de tal modo ajustados entre si que B se mueva con dificultad dentro de A. En cada tubo se pone un pedazo de vidrio pulimentado, M, N, ennegrecido y áspero por detras, de manera que formen

Fig. 261.



---

cidad de objetos? 698. Qué es doble refraccion? Qué sustancia produce mejor la doble refraccion, y como se verifica esta? 699. Cuándo está la luz polarizada?

un ángulo de 35° con el eje de los tubos. Colóquese este instrumento, que es una forma de *polariscopo*, en una posicion tal que la luz del cuerpo luminoso que cae sobre M, el *polarizador*, pueda ser reflejada a traves del tubo y hiera N, el *analizador*, donde se coloca el ojo. Ahora se mantiene fijo el tubo A, y se hace girar dentro el tubo B, que tiene el reflector N; y se observará que la reflexion de N va variando en intensidad. En las dos posiciones en que N es paralelo a M, la reflexion vendrá a ser la mas brillante; y en los puntos intermedios entre estos, es decir, en que N es perpendicular a M, no hai reflexion absolutamente: lo que expresamos diciendo que la luz reflejada de M está *polarizada.*

700. El fenómeno de la luz polarizada es considerada con razon uno de los mas maravillosos en la ciencia óptica. Fresnel ha dado una explicacion de él, fundándose en la teoría de las ondulaciones. Se considera (§ 620) que las vibraciones de la luz ordinaria se mueven en dos planos a ángulos rectos; pero las de la luz polarizada se supone verificarse en los dichos planos separados y desviados por el agente polarizador. Un solo átomo luminoso puede originar vibraciones en una sola direccion, pero una infinidad de átomos luminosos independientes constituyen un cuerpo luminoso, y producirán vibraciones que se mueven en todos los planos posibles; lo que puede representarse haciendo girar este plano alrededor de la linea que indica la direccion de un rayo de luz comun. En los ángulos rectos, las ondulaciones desviadas de su direccion ordinaria, son reproducidas o trasmitidas por la segunda superficie reflejante o refringente, y llegarán a la vista; mas cuando las dos superficies forman un ángulo de 90°, se detienen allí y no causan la sensacion de la vision.

701. *Angulo y plano de polarizacion.*—El ángulo de polarizacion de una sustancia es el ángulo que debe formar el rayo incidente con una superficie plana y pulimentada de esta sustancia, a fin de que el rayo reflejado se polarize del modo mas completo. Para el agua es este ángulo de 37° 15'; para el vidrio de 35° 25'; para el cuarzo 32° 28'; para el diamante 22°; y 33° 30' para la obsidiana, que es una especie de vidrio negro natural que polariza mui bien la luz.

En la polarizacion por reflexion, se llama *plano de polarizacion* el plano de reflexion en el cual se polariza la luz; y dicho plano coincide con el de incidencia, y contiene, por consiguiente, el ángulo de polarizacion. Todo rayo polarizado por refraccion posee tambien un plano de polarizacion.

702. *Polarizacion por reflexion.*—Cuando la luz cae sobre un medio trasparente, en cualquier ángulo de inci-

---

Explicad como se verifica este fenómeno por el polariscopo de fig. 261. 700. Cómo se ha explicado el fenómeno de la polarizacion? 701. Qué es el ángulo y plano de polarizacion? A qué ángulo se efectua en diversas sustancias? 702. Cómo se efectua

dencia, una porcion de la luz es reflejada. Si la luz incidente cae sobre el medio en un ángulo particular, que varia, como queda visto, con la naturaleza de la sustancia, toda la luz reflejada es polarizada.

703. *Polarizacion por refraccion.*—Cuando la luz es polarizada por la reflexion de la primera o segunda superficie de un medio trasparente, una porcion de la luz trasmitida es polarizada por refraccion. La cantidad de luz polarizada por la refraccion es cabalmente igual a la suma polarizada por la reflexion, mas como la suma de luz trasmitida por sustancias trasparentes excede en mucho a la cantidad reflejada de sus superficies, solo una parte pequeña de los rayos trasmitidos es polarizada, o mas propiamente, la luz trasmitida por una lámina sencilla es *polarizada solo parcialmente.* La luz polarizada por refraccion, se polariza en un plano a ángulos rectos con el plano de polarizacion por reflexion; y la luz polarizada por reflexion vibra en ángulos rectos con su plano de polarizacion o su plano de reflexion.

704. *Polarizacion por doble refraccion.*—Si se examina con un analizador la luz trasmitida por una sustancia birefringente, se encuentra que tanto los rayos ordinarios como los extraordinarios estan completamente polarizados, cualquiera que sea el color de la luz que se emplee. La lámina de turmalina, u otro analizador, trasmitirá la imágen ordinaria e interceptará completamente la otra; pero cuando la turmalina ha sido rotada 90°, el rayo ordinario es interceptado y el extraordinario trasmitido.

Se llama *polariscopos* o *analizadores* unos instrumentitos para reconocer cuando está polarizada la luz, y para determinar su plano de polarizacion. Los analizadores y polarizadores mas usados son el espejo de vidrio negro, una lámina delgada de turmalina, el prisma bi-refringente, él de Nicol y la pila de cristales, o sea, el conjunto de varias láminas de vidrio reunidas. Los polariscopos completos son de varias construcciones, segun su uso, y consisten de tres partes principales; que son el *polarizador* para polarizar la luz, el *porta-objeto* para tener lo que se examina bajo la luz polarizada, y el *analizador* para hacer evidente al ojo el efecto causado por la luz así modificada. El

---

la polarizacion por reflexion? 703. Cuándo es una luz polarizada por la refraccion? Cuándo parcialmente polarizada? 704. Cuándo se polariza la luz por doble refraccion?

polarizador y el analizador pueden ser iguales; o el uno puede ser distinto del otro, y de cualquiera de las piezas susodichas.

705. El prisma de Nicol es el mejor de los analizadores, porque es completamente incoloro, polariza del todo la luz y no trasmite mas que un solo rayo polarizado en la direccion de su eje. Se compone de un trozo de espato de Islandia de la forma romboedro, cortada en dos mitades por un plano en ángulos rectos con la seccion principal, formando un ángulo de 22°, con un filo lateral obtuso. Se amuela la faz extrema hasta formar un ángulo de 68° con el filo lateral obtuso, y la faz opuesta es amolada del mismo modo. Estas cuatro nuevas faces son pulidas con esmero, y las dos partes se unen de nuevo con bálsamo de Canadá. Las faces laterales de este prisma compuesto se pintan de negro, dejando solo las faces extremas para la trasmision de la luz.

706. El mineral llamado *turmalina* posee en alto grado esta propiedad de polarizar la luz. Se le corta en láminas como del treintavo de una pulgada de espesor, o lo mas delgado posible para darla trasparencia sin destruir su poder polarizador. Esta lámina se pone entre otras dos de vidrio para mayor comodidad. Mirando al sol por una de estas láminas de turmalina, hallarémos que la mayor parte de la luz es trasmitida. Colóquese otra lámina detras de la primera y paralela a ella, y la luz sera trasmitida aun; pero si se vuelve una de ellas de modo que venga a quedar en ángulos rectos a la primera, ya no pasará luz alguna.

707. *Polarizacion coloreada.*—Cuando se interpone una delgada lámina de selenita trasparente, mica u otra sustancia bi-refringente, entre el polarizador y el analizador del polaríscopo, la luz se separa en dos haces, que siguen caminos diferentes, y como las vibraciones de un rayo son mas retardadas que las del otro, así que se reunen, se interponen y producen los mas brillantes colores, que varian con el espesor de las láminas y la posicion de sus ejes con referencia a los ejes del polarizador y analizador.

Si la película de selenita es rotada, mientras el polarizador y el analizador permanecen fijos, el color aparecerá a cada cuadrante de la revolucion, y desaparece en las posiciones intermedias; y si por el contrario la película y el polarizador estan fijos, y el analizador se pone en rotacion, el color cambiará al fin de cada cuadrante de revolucion.

708. *Polarizacion rotatoria.*—Así se denomina la propiedad que tienen algunas sustancias de cambiar su plano de vibracion en un rayo de luz polarizada, aun cuando cae perpendicular a él. La suma entera de rotacion depende

---

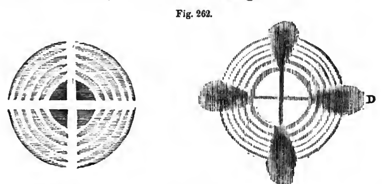
Qué son polaríscopos o analizadores? Cuál es el mas comun? 705. En qué consiste el prisma de Nicol y como se forma? 706. Qué se nota del turmalina como polarizador? 707. Cómo se produce la polarizacion coloreada? Cómo se efectua por la rotacion del selenita? 708. Qué es polarizacion rotatoria? Qué sustancias la producen?

del espesor del medio. El cuarzo cortado trasversalmente a su eje, la solucion de azúcar, el alcanfor en estado de solidez, y casi todas las esencias aceitosas, poseen el poder de rotar el plano de polarizacion de un rayo que pasa por ellos.

Diferentes sustancias y aun diferentes especies de las mismas, pueden hacer rotar el plano de polarizacion en direcciones contrarias. En un haz de luz blanca, la vibracion que produce el rojo ha de tener su plano rotado mucho mas que en los colores de mayor refrangibilidad. Esta propiedad varia inversamente,como los cuadrados de las longitudes de las olas luminosas que producen los varios colores. Esta rotacion del plano de polarizacion,viene a ser una prueba valiosa para determinar la naturaleza de varias sustancias químicas, o la fuerza de una solucion de cualquiera sustancia que posea este poder. Fundado en este principio está el saccarimetro de Soleil, para medir la suma relativa de azúcar de caña o de uva en las soluciones y jarabes. Este mismo instrumento proporciona tambien un método expedito para descubrir la presencia del azúcar en la orina diabética.

709. *Anillos coloreados.*—Láminas finas de cristal de roca talladas en ciertas direcciones y vistas con la luz polarizada, presentan anillos coloreados de gran belleza con una cruz en el medio, como se nota en la fig. 262.

Fig. 262.



En esta figura se ve la apariencia de los anillos y cruces vistas a traves de láminas espesas de espato de Islandia a la luz polarizada, y los aspectos cambian segun es rotado el analizador con respecto al polarizador o vice versa. Otros cristales, principalmente el cuarzo y el selenita, cortados en diversas formas y dibujos, despliegan los mas ricos y variados colores a la luz polarizada; y ofrecen todavia cambios mas notables y bellos cuando se hace girar sus caras reflejantes. Todo cristal bi-refringente presenta alguna

---

Cómo varia el plano de rotacion con las diversas especies de sustancias? A qué uso es aplicable la polarizacion coloreada? 709. Qué son los anillos coloreados? Qué cris-

forma o color peculiar en los anillos. Esta es una materia de gran interes al mineralogista.

710. *Polarizacion atmosférica de la luz.*—La luz del sol reflejada por la atmósfera es mas o menos polarizada, dependiendo de la distancia angular del sol.

Si la tierra no estuviera envuelta en una atmósfera, el cielo apareceria en todas partes bajo un aspecto negro. El color del firmamento proviene de la luz reflejada por la atmósfera; y si lo vemos a traves del prisma de Nicol, hallarémos que con la rotacion del prisma, la luz de algunas partes del cielo es polarizada de un modo perceptible, cuando hai otros puntos en donde no se percibe polarizacion. Por esto el punto directamente opuesto al sol se llama el *punto anti-solar*. A una distancia mas arriba del punto anti-solar, como de 11° a 18°, hai otro punto no polarizable, y otro punto neutral mas a igual distancia, mas abajo del anti-solar. Otro punto neutral o de no polarizacion se encuentra de 12° a 18° mas allá del sol, y uno semejante mas abajo de este, aunque el último es discernible con dificultad. En todos los otros puntos del firmamento, la luz está mas o menos polarizada, a un grado superior con mucho del de la reflexion del vidrio en el ángulo de completa polarizacion.

711. *Aplicaciones prácticas de la luz polarizada* se han hecho muchas y de alta importancia para la ciencia. Desde luego, tenemos el *telescopio de agua*, o un telescopio marítimo ordinario con un prisma de Nicol insertado en el anteojo.

La luz reflejada en la superficie del agua es el principal obstáculo para divisar los objetos debajo de ella. El prisma de Nicol, usado de cierta manera, corta enteramente la parte polarizada de la luz, y permite ver los objetos a gran distancia debajo por medio del telescopio. Pescadores provistos de este prisma pueden dirigir sus lanzas o dardos con mucha certeza.

Los anteojos de teatro o para galerias de pintura con el prisma de Nicol, son tambien de gran utilidad como instrumentos para analizar los colores y detalles de un cuadro. La luz polarizada es de mucha utilidad en los estudios microscópicos. Un grano de almidon, por ejemplo, visto por el prisma, se distingue inmediatamente de cualquiera otra sustancia parecida. Por medio de él, un químico descubre al instante un diez millonesimo de un grano de soda, y lo distingue de la potasa u otro álcali. En la química fisiológica, especialmente en el exámen de cristales en las varias cavidades y flúidos de los animales y plantas, el uso de la luz polarizada es de gran valor.

Así en vez de ser un fenómeno aislado y de mera curiosidad, la polarizacion de la luz ha llegado a ser un gran hecho natural, que nos revela cosas

---

tales los producen? 710. Está polarizada la luz de la atmósfera? Qué color tendria el cielo si no hubiera atmósfera? En qué puntos del cielo es polarizable la atmósfera y en cuales no? 711. Qué aplicaciones se ha hecho de la polarizacion? Cómo se ha aplicado a los telescopios de agua, a los anteojos de galerias, a las observaciones microsco-

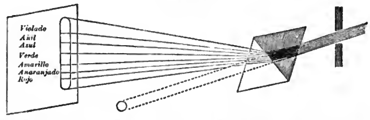
maravillosas en casi todos los ramos de la ciencia. El astrónomo ha podido averiguar, merced a esta singular propiedad de la luz, que los planetas brillan con la luz reflejada y que los cuerpos celestes son luminosos en si mismos.

Acromástica.

712. La *acromástica* es aquel ramo de la Optica que trata de la naturaleza y propiedades de los colores.

713. El espectro solar.—Si un haz de luz solar penetra en una cámara oscura a traves de una pequeña abertura, irá a formar una imágen redonda de luz blanca en la superficie que la recibe; mas si despues de haber entrado en el recinto se la corta o recibe en un prisma, como se observa en la fig. 263, se descompondrá en siete colores distintos. Si

Fig. 263.



se la hace que vaya a caer en una superficie blanca, se percibirán distintamente estos colores, cubriendo un espacio oblongo, que se llama el *espectro solar*. Estos colores son conocidos como los *colores primarios*, y en cada espectro estan dispuestos en el órden mostrado en la figura; a saber: *violado*, *añil*, *azul*, *verde*, *amarillo*, *anaranjado* y *rojo*. Combinando estos colores primarios en proporciones diversas, se viene a producir los otros colores.

Los siete colores, se habrá notado, no ocupan iguales espacios en el espectro. El violado cubre la mayor parte, casi un quinto del total; y el anaranjado llena el menor espacio, menos de un décimo tercio del total.

713. *Recomposicion de la luz.*—La luz solar ordinaria, y toda luz blanca, viene a ser, por tanto, una composicion de los siete colores combinados en diferentes proporciones. Para mayor prueba, podemos recomponer los siete

---

plicas, etc.? 712. De qué trata la Acromástica? 713. Qué es el espectro solar? Qué son colores primarios? Cuántas son y su órden? Cuál ocupa mas y cual menos es-

colores primarios del espectro, y tendrémos simplemente un haz o imágen circular de luz blanca o incolora. A este fin, recíbase el espectro en un espejo cóncavo o lente bi-convexa, que reuna en su foco las partes del haz luminoso descompuesto. O podemos así mismo recibir el espectro en otro prisma colocado cara con cara con el primero, como se divisa en la fig. 263. En uno u otro caso, tendrémos la misma imágen circular de luz incolora que se habria formado si el haz no hubiera sido descompuesto absolutamente.

Todavía hai otra manera de producir una luz blanca por la combinacion de los siete colores. Divídase la superficie de un carton circular o disco en siete partes, proporcionadas al espacio que cada uno de los siete colores ocupa en el espectro, y se le pinta con las tintas correspondientes. Entonces se hace girar el disco rápidamente, y no se percibirá color alguno por separado, sino que todo el carton aparecerá blanco.

Si la mezcla de polvos de color hecha en proporcion al espacio que cada cual ocupa en el espectro solar, produce mas bien un blanco parduzco, esto deberá atribuirse probablemente a que no nos es posible obtener colores artificiales que representen propiamente los colores del espectro solar.

714. Un prisma descompone la luz blanca en sus siete partes componentes, por que estas partes son refractadas unas mas y otras ménos. Se observará que el rojo, que ocupa la parte mas baja del espectro, está ménos desviado de su curso; el anaranjado, un poco mas; el amarillo, todavía mas; en seguida el verde; despues el azul y el añil; miéntras que el violado, que está a la cabeza del espectro es el mas refractado. Los colores tienen, por consiguiente, diversos grados de refrangibilidad, como lo observó Newton.

715. *Análisis por absorcion.*—Aunque los colores del espectro prismático no pueden ser divididos mas por la refraccion, Brewster ha demostrado que cualquiera de los colores puede descomponerse mas todavía por la trasmision a traves de vidrios variamente coloreados. Este físico ha encontrado que la luz *roja*, el *amarillo* y el *verde* se hallan en proporciones varias en todas las partes del espectro, y que puede formarse cualquiera otro por la combinacion de estos tres. De aquí se ha inferido que solo hai en realidad tres colores primarios: el *rojo*, el *amarillo* y el *azul.*

El Dr. Young consideraba solo el rojo, el verde y el violado, como colores primarios. Segun Herschel, tres colores cualesquiera del espectro pueden tomarse como primarios, y los otros colores pueden componerse de ellos, añadiéndole una cierta cantidad de blanco. La distincion de los colores en primarios y secundarios puede reputarse, por esto, como arbitraria hasta cierto punto, o como adoptada solo por conveniencia y para mayor claridad.

716. Causa de la variedad de colores.—Conforme a la teoría ondulatoria, el color de la luz depende del tamaño de las pequeñísimas ondas que lo producen. Las ondulacio-

---

pacio? Cómo se puede recomponer los colores del espectro? De cuántos modos puede probarse experimentalmente la recomposicion de los colores? 714. Por qué es posible descomponer los colores? 715. Cómo se analiza la luz por absorcion? Cuántos colores admiten solo algunos físicos? 716. Cómo se explica los colores de

nes que provocan en el ojo la sensacion de luz roja son cada una de $\frac{1}{40000}$ de una pulgada de ancho; las que producen el violado, $\frac{1}{60000}$; y los colores intermedios son causados por ondulaciones que varian entre estos límites.

717. *Teoría de los colores.*—Segun la teoría de Newton generalmente aceptada, el color no es propiedad inherente a los cuerpos, sino la luz que estos reflejan. Un cuerpo no-luminoso aparece con el color que refleja a la vista.

En este sistema, los cuerpos descomponen la luz por reflexion, no dependiendo su poder propio mas que de su poder reflejante de los distintos colores simples o primarios. Los que los reflejan todos, en las proporciones que tienen en el espectro, son blancos, y negro los que no reflejan ninguno. Entre estos dos límites extremos se presentan una infinidad de matices, segun reflejan los cuerpos mas o menos ciertos colores primarios y absorben los otros. De suerte que los cuerpos no son colorados por si mismos, sino por la especie de luz que reflejan. En efecto, si en una cámara oscura se ilumina sucesivamente un mismo cuerpo con cada una de las luces del espectro, no se vé en él color propio, pues no pudiendo reflejar mas que la especie de luz que recibe, aparece rojo, anaranjado, amarillo . . . segun el haz en el cual se halla situado. El color de los cuerpos varia tambien con la naturaleza de la luz. Tal es lo que se nota con la luz del gas y de las velas, que por dominar en ellas el amarillo, comunican esta tinta a los objetos que ilumina.

718. Lo que una sustancia absorba y lo que refleje, depende principalmente de su estructura. Las partículas de algunos cuerpos estan dispuestas de modo que tienen una afinidad peculiar por ciertos colores: estos absorben y el resto reflejan. Los cambios de color provienen de cambios de estructura en los cuerpos. Podemos mostrar esto por un experimento con la sustancia llamada iodino de mercurio. Este es un mineral de un vivo escarlata, y cuando se le calienta y deja enfriar, se pone amarillo; mas en el momento que se raya su superficie, las partículas vuelven a reponerse en su lugar, y el color se convierte de nuevo en escarlata. Aquí tenemos las mismas partículas que sufren un cambio notable solamente por haber asumido arreglos o composiciones distintos.

719. Colores complementarios.—Dos colores cualesquiera que unidos producen una luz blanca, se dicen que son *complementarios* entre sí. Si separamos del espectro solar un color cualquiera, podemos reunir todos los colores restantes por medio de una lente bi-convexa, o por un segundo prisma, y el color resultante será complementario al

---

la luz por la teoria ondulatoria? 717. Cuál es la teoria de los colores de Newton? 718. De qué depende la mayor o menor absorcion o reflexion de los cuerpos? Un ejemplo de ello. 719. Qué son colores complementarios y como se forman? Enume-

primero, porque es lo que cabalmente falta a este para dar una luz blanca. De esta manera se encuentra que,

El rojo es complementario al			......Verde.
El violeta rojo	"	"	......Verde amarillo.
El violado	"	"	......Amarillo.
El violeta azul	"	"	......Amarillo anaranjado.
El azul	"	"	......Anaranjado.
El azul verdoso	"	"	......Anaranjado rojizo.
El negro	"	"	......Blanco.

Es un hecho curioso, que si miramos atentamente nn objeto brillante de cierto color y despnes cerramos los ojos, todavia lo verémos, pero matizado con el color complementario. Despues de contemplar unos momentos un fuego animado, todo lo demas qne vemos nos parece de un tinte verdoso. Si colocamos una oblea roja en nn pedazo de papel blanco y lo miramos intensamente, luego verémos un circulo de luz verde jugando alrededor. Una oblea aznl tendrá un círculo semejante de anaranjado, y la oblea amarilla uno de tinte violado.

720. Un color aparece mejor al lado de su color complementario. Así el rojo es realzado por el verde; el azul por el anaranjado, etc. La tinta negra luce mejor y es mas agradable a la vista sobre papel blanco, que la de cualquier otro color. En los ramilletes de flores y en los trajes compnestos de artículos diversos, la seleccion y contraste de los colores es materia de mucha importancia, pues el bnen gusto del artista estará en darles realce y efecto haciéndolos contrastar con sus colores complementarios.

721. Propiedades del espectro.—En el espectro solar hai tres propiedades distintas, que existen en varios grados de intensidad en los rayos de diferentes colores: 1°. las propiedades iluminantes; 2°. las propiedades caloríficas; y 3°. las propiedades químicas o actinismo.

722. *Propiedades iluminantes.*—Segun los experimentos de Herschel, Fraunhofer y otros, está demostrado que el máximum del poder iluminante reside en los rayos amarillos, y el mínimum en el violado. Un objeto de un color amarillo encendido hace una impresion mas viva, que cualquier otro color; y por esto, se dice, que los soldados vestidos de amarillo son un blanco mas conspicno a los tiros del enemigo, que los de uniforme verde o pardo.

723. *Propiedades caloríficas.*—La intensidad del color refractado, juntamente con los rayos solares, varia con el espectro o el material del prisma que lo produce. En el espectro efectuado por un prisma de crunglas, el máximum de poder calorífico se encuentra en el *rojo pálido.* Si se emplea

---

rad los colores complementarios. Qué hecho singular se observa acerca de los colores complementarios? 720. Cómo se realza un color en los matices? 721. Cuáles son las propiedades del espectro? 722. En qué rayos existe el mayor y menor poder iluminante? 723. Qué es lo que hace variar las propiedades caloríficas del color refractado?

un prisma lleno de *agua*, el mayor poder calorífico es desarrollado por los *rayos amarillos*. Cuando el prisma está lleno con alcohol, el mas grande color proviene del *amarillo anaranjado*. Con prismas formados de piedras preciosas mui refringentes, el máximum de calor está con el *rayo rojo*. El flint-glas se parece en esto a las pedrerías finas.

724. *Propiedades químicas.*—Hai una gran variedad de fenómenos en que los rayos solares hacen de agentes químicos. Por la influencia de la luz solar las plantas descomponen el ácido carbónico, desenvolviendo el oxígeno puro y los mas de los colores vegetales desaparecen; el fósforo se trasforma al estado rojo o informe, y pierde su virtual de emitir luz; el cloro y el hidrógeno pueden mezclarse sin riesgo en la oscuridad, pero va acompañado de una explosion cuando se ejecuta la mezcla a la luz del sol; el color verde de las plantas desaparece de ellas en la oscuridad, y se cambia la naturaleza de sus jugos cuando se las priva de la accion química de la luz; y el sorprendente fenómeno de la fotografía depende de la accion de la luz sobre ciertas sustancias químicas mui impresionables. El mayor efecto químico producido por la luz solar parece provenir de los rayos violados, o entre los violados y el azul. Tambien resulta efecto químico de los rayos refractados en los límites extremos de los rayos violados visibles. La *luz de Herschel* es el resultado de la concentracion de los rayos dichos invisibles, fuera ya de los límites del violado, donde existe el mas grande poder químico. Una gran lente convexa reune estos rayos apenas visibles, para formar un débil haz de luz del color de la albuzema.

725. Rayas oscuras en el espectro.—En 1802, Wollaston descubrió la existencia de rayas oscuras en el espectro solar, pero el Dr. Fraunhofer, de Munich, las volvió a observar de nuevo e hizo un estudio particular de ellas, por lo que se las conoce como las *rayas oscuras de Fraunhofer.* Mirando por un telescopio el espectro formado de una angosta faja de luz solar, a traves de finísimos prismas de flint-glas, se ha notado que su superficie estaba cruzada por líneas negras de varias anchuras. Siete líneas de esta clase han sido observadas mui distintamente; mas por medio de un telescopio de mucho alcance se han podido contar de 600 a 2000.

Para ver estas líneas con la simple vista, se admite un rayo de sol en una cámara oscura por medio de estrechas aberturas en dos pantallas, y entonces se las refracta con un prisma del mas puro flint-glas. La posicion de estas líneas no es la misma en el espectro solar; pero cuando se descompone un rayo de luz de las estrellas, su número y órden varian: ni tampoco corresponden a los espectros formados por los rayos de diferentes estrellas. Si se des-

Mostrad las modificaciones de algunos colores conforme a los prismas. 724. Cuáles son los efectos de la accion química de los rayos solares? 725. Quién observó las ra-

compone con el prisma los rayos producidos por la electricidad y la combustion, se ve cruzar por el espectro rayas brillantes en vez de oscuras.

726. Dispersion de la luz.—Por dispersion de luz se entiende la formacion de un espectro de un solo rayo. Los espectros formados por diferentes medios refringentes son de longitudes diversas. El flint-glas forma un espectro dos veces tan grande como el que produce el crunglas, y cuatro veces mas que el agua. El flint-glas tiene, por tanto, el doble poder dispersivo del crunglas, y el cuádruplo del agua.

727. *Kalicromático.*—Si se pone un tubo de vidrio, el cuello de una retorta, un vaso o cualquier otro instrumento parecido de vidrio, a traves de los rayos colorados de un prisma triangular en una cámara oscura, se descubre una admirable variedad de anillos coloreados de formas, posiciones y colores diversos, que varian con la postura o figura del vidrio interpuesto. Este experimento manifiesta de la manera mas sorprendente y agradable la maravillosa variedad de colores contenidos en un haz de luz solar. El lenguage es impotente para expresar la estraña y esquisita belleza de este sencillo experimento, que demuestra por sí solo la refraccion y dispersion del espectro solar. Se ha indicado la palabra *kalicromático* (del griego, bellos colores) para señalar este fenómeno.

728. Lentes acromáticas.—Las lentes, como los prismas, refractan la luz y producen espectros. Por esto, los rayos que pasan a traves de lentes convexas, en vez de formar un foco en un solo punto, se dispersan mas o menos, y forman franjas coloreadas, o contornos irisados alrededor del foco. Este defecto se llama *aberracion cromática* o *de refrangibilidad*, y constituyó por mucho tiempo una dificultad séria para el uso de los instrumentos ópticos; pero este obstáculo está obviado ahora por la combinacion de dos lentes de distintos materiales, en que el poder dispersivo del uno está anulado por el del otro. Las lentes combinadas bajo este principio se llaman *lentes acromáticas.*

Acromático significa sin color, y son denominadas así las lentes, que no circundan los imágenes que producen con los colores del espectro. Una lente bi-convexa de crunglas se une a una lente plano-cóncava de flint-glas.

---

yas oscuras en el espectro y cómo y en que número se perciben? 726. Qué es dispersion de la luz y que medios tienen el mayor poder dispersivo? 727. En qué consiste el fenómeno llamado kalicromático? 728. Qué es aberracion cromática? Qué son

El último corrige la aberracion acromática del segundo, sin destruir del todo su efecto convergente.

729. El arco iris.—El *arco iris* es un arco compuesto de los siete colores primarios, que aparece en el horizonte cuando brilla el sol durante una lluvia. Se le observa siempre en los parajes encontrados al sol, divisándose en el poniente por la mañana, y por la tarde en el oriente.

Estando el sol encima del horizonte, el arco iris describe un círculo; pero como su parte mas baja está interceptada por la superficie de la tierra, generalmente no vemos mas que un semi-círculo. Desde el tope del arbol mayor de un buque o la cumbre de una montaña, se divisa mas que un semi-círculo.

730. El arco iris es causado por la refraccion y reflexion de los rayos solares en las gotas de la lluvia descendente. Cada gota produce el efecto de un prisma, descomponiendo la luz que va a herirlas. La vista del espectador está colocada de modo que recibe uno solo de los colores de la gota, proviniendo los demas colores de las otras gotas, hasta formar completamente un espectro arqueado. No pudiendo dos personas ocupar exactamente el mismo lugar, tampoco pueden ver del mismo modo el mismo arco.

731. *Arco primario y secundario.*—A veces se distinguen perceptiblemente dos arcos, uno dentro del otro. El interior, que es el mas brillante de ambos, se llama el *arco primario;* y el otro el *arco secundario*, a causa de que los rayos que lo forman sufren una reflexion mas en la gota, que aquellos que forman el arco primario, y son por tanto mas ténues. En el arco primario, el arreglo de los colores es el mismo que en el espectro solar; mientras en los secundarios este órden es el inverso.

732. En los casos que el aire esté lleno de gotas, y el sol viene a brillar sobre ellas en cierto ángulo, ocurrirán arcos-iris, que son visibles a un observador situado en una posicion propia. Por esto se les ve frecuentemente en la espuma o neblina que se alza de una catarata o de una fuente.—Tambien hai ocasiones en que se forma arcos a la luz de la luna, pero son ténues y rara vez perceptibles. Se les llama entonces *arco-iris lunar.*

733. Coronas.—Los *halos* o *coronas* meteóricas son círculos luminosos o coloreados que se observan a veces alrededor del sol o de la luna bajo ciertas condiciones de la atmósfera. Con mas frecuencia se ven alrededor de la luna,

---

lentes acromaticas? 729. Qué es el arco iris y en que direccion se observa? 730. Cómo se forma el arco iris? 731. Qué son arcos primarios y secundarios? 732. Cómo se forman arcos en las fuentes, cascadas y a la luz de la luna? 733. Qué son y como se for-

porque la luz solar es tan intensa que desaparecen ante su brillo y esplendor. Las coronas dichas provienen de la refraccion y dispersion de la luz por cristales pequeños de hielo, que flotan en las regiones superiores de la atmósfera.

La vision.

734. El ojo.—El *ojo* es el órgano de la *vision*, es decir, del fenómeno en virtud del cual la luz emitida o reflejada por los cuerpos origina en nosotros la sensacion que nos revela su presencia. El ojo humano es el mas perfecto de todos los instrumentos ópticos. Por medio de este órgano, estimulado por la luz reflejada o refractada de los objetos externos, reconocemos su presencia, proximidad, color y forma.

735. Estructura del ojo.—El ojo humano es una esferoide de cosa de una pulgada en diámetro, que descansa en una cavidad osea debajo de la frente, con espacio suficiente para moverse para arriba, abajo y a los costados, por un sistema de músculos que lo gobierna por detras. Se compone de diez partes:

1. La córnea.	6. El humor vítreo
2. El iris.	7. La retina.
3. La pupila.	8. La coroides.
4. El humor acuoso.	9. La esclerótica.
5. Las lentes cristalinas.	10. El nervio óptico.

Fig. 264.



736. Al mirar exteriormente un ojo (fig. 264), solo vemos tres de estas partes: la Córnea o blanco (*g*), el Iris (*i*) y la Pupila (*b*). La córnea es una membrana trasparente, que cubre todo el frente del ojo, y es mas convexa que el resto del globo. El iris es la membrana círcular en el medio de la córnea, y segun su color decimos que el ojo es azul, negro o pardo. La pupila es la abertura circular en el iris, por la cual pasa la luz al interior del ojo. La fig. 265 representa una sec-

man las coronas meteóricas? 734. Por qué órgano se efectua la vision? 735. Cuántas partes constituyen el ojo humano? 736. Exponed la estructura y funciones de cada

cion del ojo. A A A está por la córnea, I I por el iris, y la abertura en el centro por la pupila.

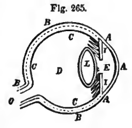


Fig. 265.

Pasando el rayo luminoso por la córnea, entra en el angosto recinto o particion E, entre la córnea de un lado y las lentes cristalinas del otro. Este espacio está lleno de un líquido trasparente que se parece al agua, y se le llama el *humor acuoso*. Despues de atravesar esta parte, el rayo penetra un cuerpo trasparente, L, dicho por su forma el *cristalino*. Detras de este se encuentra el *humor vitreo*, D, un flúido trasparente que llena la mayor parte del globo del ojo. Este humor está encerrado en la *retina*, C C C, una membrana fibrosa mui delicada, que se forma por la expansion del nervio óptico, en el cual se imprimen las imágenes vistas por el ojo. El nervio óptico, O, pasa por detras del ojo al cerebro, y trasmite a aquel órgano las impresiones hechas en la retina.

La retina está rodeada por otra membrana llamada la *Coroides*, representada en el grabado por una línea entrecortada. La coroides es esencialmente vascular, y está cubierta, sobre todo en su cara interna, de una materia negra semejante al pigmento de la piel de los negros, y destinada a absorber todos los rayos que no deben cooperar a la vision. Mas afuera de todo viene a estar la membrana *esclerótica*, B B B, mui fuerte, y a la cual estan adheridos los músculos qne mueven el ojo. Esta envnelve todas las partes constituyentes del ojo, excepto la parte de enfrente cubierta por la cornea, y que entra en ella precisamente como se ajusta el vidrio de un reló en su caja o rodela.

737. *Accion de estas partes.*—Las membranas exteriores del ojo protejen las partes delicadas de adentro. La córnea refleja parte de la luz que recibe, y de ahí nace esa brillantez de los ojos. La mayor parte, con todo, es trasmitida y se combina con el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo, para traer los rayos incidentes a un foco, y así formar imágenes en la retina.

El iris regula intuitivamente la cantidad de luz admitida en el ojo, contrayendo y agrandando con esto la pupila si la luz es floja, y dilatándola y disminuyéndola, si es fuerte. Por esto, cuando pasamos de una cámara alumbrada a otra medio oscura, apenas discernimos los objetos en ella, hasta que la pupila se ha ensanchado y pueda recibir mas rayos. Si, al contrario, entramos de un recinto oscuro a otro iluminado, el ojo sufre, porque la pupila, que se hallaba dilata-

---

una de ellas. 737. Cómo actuan estas partes en conjunto para producir la vision?

da en toda su extension para conformarse a la ténue luz, no se contrae inmediatamente y recibe mas luz que la que puede soportar la sensible membrana.

Las pupilas de los gatos, tigres y generalmente de todos los animales de presa, pueden dilatarse a tal grado que reciban cien veces mas luz que cuando la tenian contraida. Así es como pueden ver de noche como de dia. La pupila de la lechuza es de tal modo grande, que durante el dia, aunque la contraiga lo mas posible, admite tanta luz que el ave queda ciega y estúpida.

738. Defectos de la vision.—En un ojo perfecto, los rayos entrados en él concurren a un foco en la retina, formando allí una imágen. Si dichos rayos no concurren en un foco por el tiempo que han llegado a la retina, o concurren en un foco antes de alcanzarla, no hacen impresion bastante sobre el nervio óptico, para que se comunique al cerebro, y no se forma por consiguiente imágen alguna.

De aquí nacen dos defectos en la vision. Si la córnea es demasiado convexa, los objetos distantes forman imágenes en frente de la retina, y no son vistos; y solo son visibles aquellos objetos que estan mui cerca del ojo: de donde proviene el defecto en la vista de los *miopes*, esto es, de personas que solo ven las cosas a una distancia menor que la normal (25 a 30 centímetros en los caracteres de imprenta). Los que ven a una distancia mayor aunque indistintamente, se llaman *présbitas*. Si, por el contrario, la córnea no es bastante convexa, los rayos no concurrirán en tiempo para llegar a la retina, y tampoco se ve imágen. Esta es la falta que aqueja generalmente a los ancianos, a causa del desgaste de una parte del humor vítreo y acuoso, de manera que el cristalino y la cornea se hunden; un hundimiento que es cabalmente lo que necesita el miope para mejorar su órgano visual. Así se ve a veces, que aquellos que son cortos de vista durante su juventud, la mejoran en la madura edad.

739. Estos dos defectos se remedian un tanto con el uso de los anteojos, o sean lentes de varias formas colocadas delante de los ojos. Un miope empleará anteojos suficientemente cóncavos para anular la demasiada convexidad de su ojo; y el anciano los usa convexos en el grado que baste a recuperar la insuficiencia de su ojo en ese respecto.

Qué se nota en la organizacion visual de ciertos animales? 738. Señalad los defectos que resultan de la imperfeccion de las imágenes en la retina. 739. Cómo pueden re-

Los anteojos han sido conocidos desde a fines del siglo XIII; y se supone haber sido descubiertos por Roger Bacon. Antes de esta época los ancianos, miopes y présbitas no gozaban de este auxilio importante a una vision debilitada o mal formada.

740. Aunque todas las partes del ojo sean perfectas, cuando el nervio óptico no funciona, habrá ceguedad. Las imágenes son formadas en la retina, mas no comunicándose al cerebro, no se produce la impresion. Tal es el resultado de la amaurosis, o parálisis en el nervio óptico, que es una enfermedad incurable.

741. Imágenes formadas en la retina.—Las imágenes se forman en la retina, lo mismo que si el ojo fuera una cámara oscura a la cual se deja entrar un haz luminoso por una abertura, como se ha visto en la fig. 246. En este caso, se ha visto, la imágen está invertida, de lo que parecia seguirse tambien que las imágenes en la retina debieran tambien ser invertidas. ¿Cómo las vemos entónces en su posicion natural? Cuestion es esta que ha dado que pensar a los físicos y fisiólogos, habiéndose avanzado varias teorias para explicarla. Unos han dicho que es la costumbre, y que por una educacion del ojo vemos derechos los objetos, esto es, en su posicion relativa respecto de nosotros, puesto que no tenemos un término típico de comparacion. Otros creen que referimos el sitio real de los objetos en la direccion de los rayos luminosos que emiten, y como se cruzan estos en el cristalino, el ojo los ve respectivamente en aquella direccion, apareciendo derecho el objeto. Tal es la opinion de D'Alembert, Muller, Volkmann y otros; aunque es preciso confesar que ninguna de estas teorias se ha considerado satisfactoria.

742. Ocurre todavia otra cuestion. Teniendo dos ojos y formándose dos imágenes, una en cada retina, ¿cómo vemos una sola para cada objeto? La respuesta es sencilla. Ambos ojos se inclinan a un objeto dado casi en un mismo ángulo, y las imágenes producidas sobre las retinas son casi las mismas. Las impresiones trasmitidas al cerebro por los dos ramages del nervio óptico del cerebro son casi idénticas y simultaneas, resultando una sola percepcion; pero la pequeña diferencia en las imágenes, que resulta del distinto punto de vista de cada ojo, da la sensacion de relieve que no recibiriamos de una sola

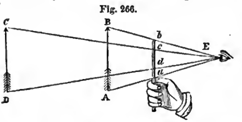
---

mediarse estos defectos? Cuándo o quien inventó los anteojos? 740. Qué defecto invalida unos ojos bien formados? 741. Cómo se forma la imágen en la retina? Por qué vemos los objetos derechos y no invertidos? 742. Cómo vemos una sola imágen

imágen o de dos precisamente idénticas. Este efecto binocular se demuestra claramente con el instrumento, ahora tan popular, llamado estereóscopo. Si oprimimos uno de los ojos hasta inclinarlo acia un objeto a un ángulo distinto del otro, logramos ver dos imágenes. Los ébrios divisan tambien dos imágenes, porque pierden el gobierno de los músculos oculares, y no fijan ambos ojos en el mismo objeto.

743. ÁNGULO VISUAL.—Como tal se conoce el ángulo formado por dos lineas tiradas del ojo a las extremidades de un objeto dado. En la fig. 266, el ángulo visual de la flecha B A es B E A; y la del dardo C D es C E D. Un cierto objeto aparece grande o pequeño, segun el ángulo visual que forma. Así, dos flechas iguales expuestas a la vista a diferentes distancias, como en la fig. 266, forman distintos ángulos visuales, y se ven por tanto de diferentes tamaños. Si medimos sus longitudes aparentes con una vara interpuesta, hallarémos que la mas próxima mide la distancia *a b*, y la mas distante solo una mitad de la misma, *c d*. Un objeto pequeño colocado cerca del ojo puede formar un ángulo visual tan grande como un objeto mayor a mas distancia, y puede de este modo ocultar enteramente al último, cuando se interpone entre él y el ojo. Cuanto mas cerca al ojo se pone un objeto, tanto mas grande aparece, y va decreciendo a medida que se aleja. Cuando el ángulo visual ha llegado a ser menos de $\frac{1}{300}$ de grado (doce segundos), el objeto es ya invisible ; como puede observarse en un pájaro que vemos pasar al vuelo.

Fig. 266.



744. *Condiciones de una vision distinta.*—Se puede asentar por regla general que hai dos condiciones esenciales para una vision distinta : 1ª. que un objeto esté situado a tal distancia que forme en la retina una imágen de suficiente magnitud ; 2ª. que el objeto esté bastante iluminado para producir una impresion distinta en la retina.

La distancia a que un objeto es visible, varia con el color del objeto y la suma de iluminacion. Un objeto blanco alumbrado por la luz solar puede

---

con dos ojos ? 743. Qué es el ángulo visual ? De qué depende el tamaño aparente de un objeto ? 744. De qué condiciones depende una vision distinta ? Cómo influyen

verse a una distancia 17,250 veces mayor que su propio diámetro. Un objeto rojo,iluminado por la accion directa del sol,puede verse solo como a la mitad de la distancia que otro blanco, y uno azul a una distancia algo menor. Los objetos iluminados por la luz comun del dia,pueden verse como a una mitad de la distancia de los que estan alumbrados por los rayos directos del sol. El menor ángulo visual a que puede divisarse un objeto, como queda dicho, está calculado en doce segundos. Estos cálculos varian con la diferencia de ojos. Las personas de ojos negros ven generalmente mas que las que tienen ojos claros. Tambien los que han acostumbrado su vista a mirar objetos distantes, como los marineros y agrimensores, divisarán objetos a mucha mas distancia que los que no han ejercitado su vista de esta manera.

Tambien depende mucho, la mayor o menor distancia a que se pueda ver un objeto, del color de los objetos vecinos, o del fondo sobre que el objeto se proyecta. Se ve mas distintamente un objeto, cuando el color de los objetos adyacentes, o sea su fondo, esté en vivo contraste con los colores del objeto que deseamos ver. Por esta razon, se escoje colores como el *rojo*, *amarillo*, *azul* y *blanco* para banderas de señal, porque se ven y se distinguen mas facilmente, teniendo por fondo el agua y la atmósfera. Para señales de ferro carril, se emplea mas comunmente los colores *rojo*, *amarillo* y *negro*.

745. Adaptacion del ojo a las distancias.—Una de las propiedades mas notables del ojo es su capacidad para adaptarse a las diversas intensidades de luz y a las diferentes distancias. Aunque hai una distancia definida a la cual los objetos pequeños se ven mas distintamente, el ojo tiene esta admirable facilidad de adaptarse para mirar los objetos a diferentes distancias.

Que se coloque dos objetos semejantes, uno a tres pies del ojo y el otro a una distancia de seis pies. Si se fija el ojo por algunos momentos sobre el objeto mas cercano, se le verá distintamente, mientras el objeto mas remoto aparecerá indistinto; mas fijándose el ojo constantemente sobre un objeto remoto, aquel es visto con claridad, y el mas cercano aparecerá indistinto. Vemos así o que el poder convergente del ojo está sujeto a variaciones rápidas, o que la distancia de la lente cristalina a la retina es mutable. Por que medios pueda adaptarse de esta manera el ojo a las diferentes distancias de los objetos, no ha podido determinarse satisfactoriamente.

746. *Apreciacion de la distancia y magnitud.*—La apreciacion de la distancia y magnitud de los objetos es una materia que depende enteramente de una práctica intuitiva, o sea educacion, y de otras varias circunstancias, como el ángulo visual, el ángulo óptico (el eje o línea recta que pasa por el ojo), la comparacion con objetos familiares y la claridad o ofuscamiento causado por el aire o vapor que se interponen.

---

en ella los colores? Cómo influye el fondo sobre que está proyectado el objeto? 745. Cómo se adapta el ojo a las distancias? Dad un ejemplo de esta adaptibilidad. 746. En qué se funda la apreciacion de la distancia y magnitud de un objeto?

Cuando la magnitud de un objeto es conocida, como la altura de un caballo, una casa, o un árbol, el ángulo visual a que los vemos nos permite avaluar la distancia. Si ignoramos su magnitud, juzgamos de su tamaño por comparacion con otros objetos familiares situados a igual distancia.

Mirando una hilera de edificios o árboles, el ángulo visual disminuye a medida que la distancia aumenta, y los objetos decrecen en tamaño aparente en la misma proporcion; pero el hábito de ver casas y árboles y el conocimiento de su altura, nos hace correjir la impresion producida por el ángulo visual, de modo que no parecen rebajar de dimensiones con el aumento de distancia.

El ángulo óptico, o paralaje binocular, viene a ser un elemento esencial en la apreciacion de las distancias. Cuando ambos ojos se dirijen acia el mismo objeto, el ángulo formado por las lineas tiradas de los dos ojos al objeto, se llama el ángulo óptico. Este ángulo aumenta o disminuye a la inversa de la distancia; y el movimiento requerido del ojo para hacer que el eje óptico de ambos ojos converja sobre el objeto que miramos, nos da una idea de su distancia. Pero la costumbre solamente nos hace estimar la distancia de un objeto y el movimiento correspondiente de los ojos necesario para dirijir ambos a la vez acia él.

Las personas nacidas ciegas suelen a veces recobrar su vista por una operacion que remueve la catarata en los ojos, y trasportadas así de repente de las tinieblas a la luz, todos los objetos les parecen situados a una misma distancia, hasta que con la experiencia adquieren el hábito de discernir las distancias. Es bien obvio que los niños en la infancia no tienen idea de las distancias y magnitudes relativas, y dan por esto manotadas en el aire.

747. *Duracion de la impresion en la retina.*—Todos han visto como una varilla encendida por una punta, forma una especie de anillo de fuego, al girársela rápidamente en círculo. La rapidez de revolucion precisa para producir este efecto, es de un tercio de segundo en una cámara oscura, y un sesto de segundo a la luz del dia.

El meteoro que cruza el espacio, parece dejar tras sí un surco luminoso, porque la impresion producida en la retina subsiste despues que el meteoro ha pasado una distancia considerable. Por la misma causa, la marcha torcida, o en zigzag, del rayo nos parece derecha e interrumpida. Si los guiños o torcidos de la vista no impiden una vision distinta, es a causa de que la impresion de los objetos externos dura en la retina y mantiene una impresion continua.

748. *Tiempo preciso para las impresiones visuales.*—Un objeto que se mueve con mucha velocidad, llega a ser enteramente invisible, porque su imágen en la retina no dura lo suficiente para producir una impresion. Tal sucede con la bala de cañon o rifle divisada a ángulos rectos con la direc-

---

Cómo se acostumbra a discernir las distancia y magnitud de los objetos? 747. Qué hechos prueban la persistencia de la impresion en la pupila? 748. Bajo qué circuns-

cion de su vuelo. Mas cuando el proyectil se encamina directamente acia nosotros o parte de nosotros, conserva una duracion bastante para formar una impresion. Las mociones que describen ménos de un minuto del arco en el espacio de un segundo, no son perceptibles a la vista. Esto explica porque no vemos la marcha del horario de un reló o la de los cuerpos celestes.

749. *Apreciacion de los colores.*—El poder del ojo para distinguir los colores varia mucho con las personas. Hai vistas enteramente ciegas en este punto, aunque perfectas en otros respectos, y que se llama por esto *ceguedad de colores* o *acromatópsia.* Otras confunden ciertos colores, como el rojo y el amarillo, al mismo tiempo que distinguen otros; y algunas que aunque reconociendo bien los colores del espectro, no son capaces de apreciar los tintes delicados del mismo.

El estudio de los colores es una materia de suma importancia para el artista y el fabricante, ya sea para reproducir las bellezas de la naturaleza o en las decoraciones arquitectónicas; asi como para tejer, bordar y vestir. El diestro mercader sabe como realzar el brillo y belleza de sus efectos, contrastando las piezas que desea vender con otras de colores complementarios. Una persona de buen gusto no yerra, cuando se trata de adaptar la tela a la complexion del que va a llevarla. A una tez rosada asienta bien trajes oscuros, mientras que las de semblante delicado se ponen mas pálidas con los colores bajos. Un vestido o una corona verde realza la frescura de un rostro florido. Un túnico carmesí y un pañuelo o chal escarlata aparecen mui apagados y tristes; mientras que al lado de un tinte verdoso, vienen a ser graciosos y atractivos.

Instrumentos de óptica.

750. La cámara oscura.—Colocarémos en primer lugar, entre los instrumentos ópticos, la *cámara oscura*, es decir, una cámara completamente cerrada, ménos por un orificio que da paso a los rayos de luz. En este aparato se dibujan los objetos exteriores con el auxilio de un espejo y una lente convexa, suministrando un medio cómodo de bosquejar escenas naturales. Para obtener estos resultados,

---

tancias es posible la vision de cuerpos en rápida mocion? 749. Qué es acromatópsia? Cómo son afectados los colores por la proximidad? Qué objeto práctico se obtiene con el estudio de los colores? 750. En qué consiste la cámara oscura? Haced una

es preciso que la cámara oscura sea portable, y a este fin se la construye en la forma de una caja cerrada, con el interior pintado de negro.

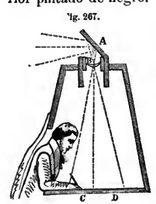


Fig. 267.

En la fig. 267 se representa la cámara comunmente empleada por los dibujantes. Para que la imágen se reproduzca convenientemente, es preciso sea proyectada sobre una superficie horizontal, lo que se consigue haciendo una abertura u orificio en la parte superior de la caja, y que los rayos se reciban en un espejo, A, inclinado a un ángulo de 45°. Los rayos se reflejan de este espejo a un menisco, B, que atraviesa la abertura, y son refractados por este a la superficie horizontal, C D, donde está colocado el papel blanco que los recibe, y sobre el que se forma una imágen distinta, que puede dibujarse facilmente con un lápiz. El dibujante se introduce por otra abertura de abajo, corriéndose encima una cortina negra, que escluya toda otra luz que la que venga de arriba. En vez de un espejo y una lente, se usa a veces un prisma como reflector, y si se amuela un lado del prisma hasta darle la forma de una lente, las dos partes del instrumento se combinan en una sola.

751. *La cámara lúcida.*—La cámara clara o lúcida es un aparato que sirve tambien para obtener una imágen fiel de un paisaje, monumento u otro objeto, y fué inventado en 1804 por Wollaston. Consiste esta de un pequeño prisma de vidrio de cuatro caras montado en un bastidor a propósito, para ponerlo de modo que el ojo vea la imágen de un objeto distante proyectada sobre un papel donde se traza el bosquejo con un lápiz. La luz entra el prisma casi en ángulos rectos con la cara, sufre dos reflexiones totales y emerge perpendicularmente a la cara superior, donde entra al ojo y aparece como si saliera del papel debajo. Hai varias formas de cámaras lúcidas, segun el objeto a que se las destina, pero en todas ellas el objeto se divisa por la luz reflejada, que se hace coincidir en direccion con la luz directa del papel y del lápiz.

752. *La Fotografía* es el arte de producir retratos, paisajes, etc., por medio de la accion química de la luz. El daguerreotipo, el ambrotipo, el cristalotipo y el fotolitografo no vienen a ser sino otras tantas aplicaciones modificadas de la cámara oscura. En vez del papel comun y el lápiz, empleados por el artista para bosquejar con la cámara, se coloca en ella y se somete a la accion de la luz la imágen proyectada por la lente sobre una superficie bañada de plata o colodion, hechos impresionables por el iodo, el bromo u otra preparacion química.

---

descripcion de ella. 751. En qué consiste la cámara lúcida y cual es su objeto? 752. Qué es la fotografía y en que está fundada? Describid el aparato o cámara de

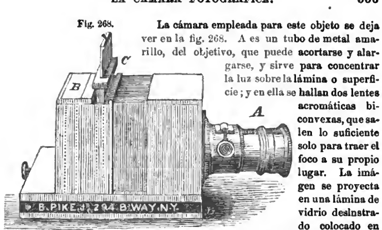


Fig. 268.

La cámara empleada para este objeto se deja ver en la fig. 268. A es un tubo de metal amarillo, del objetivo, que puede acortarse y alargarse, y sirve para concentrar la luz sobre la lámina o superficie; y en ella se hallan dos lentes acromáticas bi-convexas, que salen lo suficiente solo para traer el foco a su propio lugar. La imágen se proyecta en una lámina de vidrio deslustrado colocado en un marco, que se introduce en una abertura en la parte de atras de la cámara. Cuando se va a sacar un retrato, etc., se retira el vidrio despulido, y en su lugar se pone otro marco, C, que contiene una lámina preparada y cuidadosamente abrigada contra la luz. Se levanta entonces la especie de compuerta en frente de C, y se deja así pasar a la plancha la imágen formada por las lentes.

La plancha dicha puede ser metálica, de vidrio, papel, etc., segun el género de fotografía adoptado. Si es metálica la placa, se le da una mano o capa delgada de plata, que se pone impresionable al exponerla al vapor del iodo. Los rayos trasmitidos por la cámara producen en pocos segundos sobre la superficie impresionable el efecto químico que hemos notado (§ 724), y la placa es llevada entonces a un lugar oscuro. No se advierte cambio alguno en la superficie al principio; mas a medida que se la sujeta al vapor de mercurio, la imágen comienza a aparecer y en poco es ya distinta. Este efecto es causado por la adhesion de pequeños glóbulos de mercurio a aquellas partes de la plancha que han sido afectadas por la luz, lo que no sucede con el resto de la plancha. Despues de lavarse esta en una débil solucion de hiposulfito de sosa la imágen queda fija.

Para la fotografía sobre papel se requiere casi el mismo procedimiento, solo que se usa otras preparaciones químicas para hacerlo impresionable. Tambien es preciso dividir la operacion, sacando dos pruebas: una, en la cámara, que se llama *negativa*, o en que las tintas mas claras aparecen como las mas oscuras sobre el papel; y otra *positiva*, o contraprueba, en otro aparato, en que se invierten las tintas de nuevo para dar a la imágen su posicion natural.

753. El microscopio.—El *microscopio* es un instrumento por medio del cual podemos ver los objetos demasiado pequeños para ser observados por la simple vista. En este

---

fotografiar. Cuál es el procedimiento químico para formar y fijar la imágen en daguerreotipo y fotografía? 753. Qué es el microscopio y cual su objeto? En qué se

caso estan aquellos objetos cuyo ángulo visual es menor de $\frac{1}{500}$ de grado; y que mediante el microscopio, que aumenta este ángulo visual, solo vienen a ser visibles.

Los microscopios son de dos clases: *simples* y *compuestos*. Con el microscopio simple divisamos directamente el objeto; y con el compuesto vemos una imágen amplificada del objeto, en vez del objeto mismo.

754. *Microscopio simple.*—El microscopio simple consta de una sola lente convergente, o de muchas lentes sobrepuestas que obran como una sola, y por la cual miramos al objeto que se va a amplificar. Su principio de accion se comprende por la fig. 269.

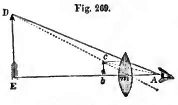


Fig. 269.

La flecha *b c* seria visible a la simple vista bajo el ángulo visual *b* A *c*. Interponiéndose la lente *m*, los rayos son refractados de modo que forman el ángulo visual D A E, y la flecha parece ser del tamaño D E, mucho mas grande de lo que es realmente. A veces un objeto mui pequeño puede ser visible acercándolo mucho al ojo, pero en esta posicion los rayos entran el ojo con una tal divergencia que la imágen producida sale confusa. El microscopio corrige esta divergencia excesiva, y presenta una imágen clara y amplificada.

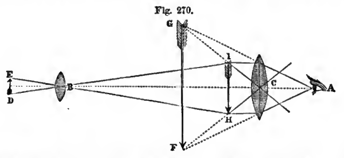
755. *El microscopio compuesto.*—El microscopio compuesto es una combinacion de dos o mas lentes convergentes, por medio de las cuales divisamos una imágen amplificada de un objeto, en vez del objeto mismo. Reducido este microscopio a su mayor sencillez, contiene dos vidrios lenticulares convergentes, el uno de foco corto, llamado *objetivo*, por que está vuelto acia el objeto, y el otro menos convergente, denominado *ocular*, porque se encuentra cerca del ojo del observador. Las lentes estan fijas en tubos movibles uno dentro del otro, y se le provee de un aparato a proposito para sostener el objeto sujeto al exámen, y echar sobre él una fuerte luz. El microscopio que consta de dos lentes está dispuesto de la manera representada en la fig. 270.

---

dividen? 754. De qué se compone el microscopio simple y explicad el principio en que está fundado conforme a la fig. 269? 755. En qué consiste el microscopio com-

D E es el objeto y B la lente mas próxima a él, llamado *objetivo*. C que está mas cerca, se llama el vidrio *ocular*. Una imágen amplificada de la

Fig. 270.



flecha se forma en H I por medio de la lente B. Esta imágen divisada por la lente C es mas amplificada todavia, pues se ve a un ángulo visual mayor en F G. Si el poder amplificador de B es 20, y 4 el de C, la imágen se verá 80 veces mas grande que su tamaño natural.

756. *Microscopios solares y óxido-hidrógenos.*—Estos microscopios sirven para proyectar imágenes amplificadas sobre una pantalla blanca en una sala oscura.

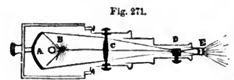
En los microscopios solares, se hace una abertura en uno de los postigos o cerradnras, y se coloca, fuera de ella y al sol, un espejo a un ángulo tal que refleje los rayos que caen en él por un tubo horizontal acia el objeto que se quiere amplificar. Primero caen estos en una lente convexa, y en seguida en otra, que los hace concurrir a un foco en el objeto, iluminándolo así brillantemente. Otra lente en el extremo interior del instrumento produce el efecto amplificador. Una pantalla de diez a veinte pies distante, recibe la imágen que aumenta en tamaño con la distancia. Si la pantalla estuviere mui apartada, la imágen sale confusa; mas tan fuerte es la luz concentrada sobre el objeto, que se obtiene una vista bastante distinta por efecto de su gran poder amplificador.

En el microscopio óxido-hidrógeno, el principio es uno mismo, solo que en vez de los rayos solares se sustituye la luz brillante producida por la cal ardiendo en una corriente de oxígeno e hidrógeno. Este instrumento hace innecesaria la abertura y espejo exterior. La fig. 271 muestra como está

---

puesto? Explicad su construccion por la fig. 270. 756. Para qué sirven los microscopios solares y óxido-hidrógenos? Explicad la composicion del microscopio solar y

Fig. 271.



construido el microscopio óxido-bidrógeno. B indica la intensa luz blanca producida por el cilindro de cal ardiendo en una corriente de óxido e hidrógeno combinados. Esta luz cae sobre el reflector, A, que la refleja sobre la lente bi-convexa, C, y esta la hace concurrir a un foco en el objeto, D. Una lente acromática, E, arroja una imágen amplificada sobre la pantalla.

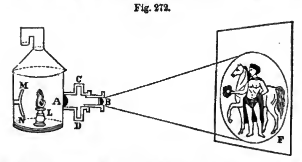
757. El descubrimiento del microscopio, becho en 1620, ba sido de la mayor importancia para el progreso de la botánica, zoologia y fisiologia. Por su medio ba sido comprobada la existencia de animales basta entonces desconocidos en el vinagre, en la pasta de barina, en la fruta y en ciertos quesos; y se ba becho patente a la vista la circulacion y los glóbulos de la sangre. Varios otros fenómenos invisibles, y de ninguna otra manera perceptibles a nuestros sentidos, nos han sido revelados por este útil y bello instrumento. A la verdad, nuevos mundos ban sido descubiertos por él, de cuya existencia hubieramos estado ignorantes basta boi. En una sola gota de agua, podemos ver la materia vegetal disuelta y que bulle con millares de criaturas animadas, como anguilas y langostas en miniatura, y mónstruos hambrientos que con sus quijadas abiertas persiguen y hacen presa de sus mas débiles compañeros; y cada uno de estos está dotado con órganos vitales, y de tal modo ténues, que esta gotita de agua viene a ser tan grande para ellos como el mundo lo es para nosotros. Nos da tambien a conocer el aparato alimenticio de una pulga ampliado a tales dimensiones que horrorizan la vista, mientras su cuerpo es una armadura completa de brillantes escamas maravillosamente unidas y provista a intervalos de largas lanzetas o espigas. El mobo o peluza que se nota en una fruta que empieza a descomponerse, toma las proporciones de zarzales con ramas y bojas, que despliegan toda la regularidad y belleza de la creacion vegetal.—El microscopio nos revela así mismo becbos curiosos respecto a la fisiología y la química. Nos manifiesta la imperfeccion de los mas finos trabajos artísticos, en comparacion con las obras de la naturaleza. El filo de la mas aguda navaja de afeitar parece lleno de muescas, a la luz del microscopio; así como nos parece embotada la punta de una aguja, y áspera toda su superficie. La punzada de una abeja, amplificada por el microscopio, es perfectamente suave, regular y puntiaguda. El mas fino bilo de algodon, lino o seda, es tosco y nudoso, comparado con las bebras de la tela de araña que no demuestran la mas ligera irregularidad. En fin, las revelaciones del microscopio son altamente admirables y curiosas; y donde quiera que apliquemos su mágico poder, encontramos materia abundante para compensar nuestros trabajos y estimularnos a investigar mas la naturaleza.

758. La linterna mágica.—La *linterna mágica* es un aparatito inventado por el padre jesuita Kircher, muerto

la del óxido-hidrógeno conforme a la fig. 271. 757. Enumerad algunos de los descubrimientos debidos al microscopio. 758. En qué consiste la linterna mágica y bajo

en 1680, y que sirve para obtener sobre una pantalla blanca, en una cámara oscura, imágenes amplificadas de objetos pequeños. El principio o base de su composicion viene a ser igual al microscopio óxido-hidrógeno, excepto que la luz le es comunicada por medio de una lámpara comun.

Fig. 272.



La fig. 272 representa una linterna mágica. L es la lámpara; M N es el reflector, que arroja la luz sobre la lente A. Esta lente echa la luz a un foco en la pintura ejecutada sobre un vidrio movible que se introduce en la abertura C D. La lente, B, recibe los rayos del vidrio dicho, y proyecta una imágen amplificada sobre la pantalla F.

759. *Fantasmagoria.*—Cuando se emplea una luz fuerte, y el tubo que contiene la lente o lentes amplificadoras puede sacarse o meterse, de manera que se las coloque a diferentes distancias del objeto, tenemos lo que se llama una *linterna fantasmagórica.*

Para efectuar una vista de esta clase, se cuelga una pantalla trasparente, a un lado de la cual se pone el exhibidor con su linterna, y del otro el espectador. Se acerca en seguida la linterna a la pantalla y se estira o saca el tubo hasta que la imágen (que es mui pequeña) esté perfecta, y el exhibidor se retira lentamente acia atras, con lo que el tamaño de la imágen va aumentando, mientras su claridad se conserva con empujar el tubo acia dentro a medida que se retrocede. El resultado que se ostenta al espectador, es sorprendente y maravilloso. Estando oscuro el recinto, no se ve la pantalla sino la imágen iluminada, que a medida que va aumentando parece avanzarse acia el observador; produciendo una ilusion tal, que aun los que conocen el instrumento apenas pueden desasirse de la impresion que reciben. Si el exhibidor o mágico vuelve a acercarse a la pantalla o retira el tubo, la imágen va disminuyendo hasta desaparecer del todo.

760. *Vistas disolventes* son aquellas en que una pintura

---

que principio funciona? 759. Qué es la linterna fantasmagórica y como se la hace

parece confundirse o mezclarse con otra, lo que se consigue por medio de dos linternas mágicas inclinadas de modo que las imágenes van a proyectarse en un mismo lugar. Se hace rotar en frente del instrumento una sombra opaca, de tal manera que intercepta por grados los rayos de una y descubre el tubo de la otra. La primera pintura se desvanece o disuelve para dar cabida a la otra, que se distingue mas y mas claramente a medida que desaparece la otra.

761. El telestereóscopo es un instrumento que hace aparecer los objetos distantes en relieve. La imágen formada en la retina de cada ojo representa una proyeccion perspectiva de los objetos situados en el campo de observacion; y como las posiciones de donde se toman estas proyecciones varian algo para los dos ojos de un mismo individuo, las mismas imágenes perspectivas no son idénticas, y nos aprovechamos de esta diferencia para obtener una idea de las distancias del ojo de los diferentes objetos a la vista. Las imágenes del mismo objeto en las dos retinas son mas diferentes entre sí, a medida que el objeto se acerca mas a los ojos. Cuando los objetos estan mas distantes, la diferencia entre las pinturas sobre las retinas de los ojos es apenas perceptible, y ya no podemos entonces contar con el auxilio dicho para calcular su distancia y formas respectivas. El telestereóscopo aumenta, por tanto, la paralaje binocular de los objetos distantes, presentando a cada ojo una vista como la que se obtendria si la distancia entre los dos ojos fuese aumentada considerablemente, y da a los objetos la misma forma de relieve que tendrian estando mas cerca del observador.

762. El estereóscopo es un instrumento por medio del cual dos pinturas o dibujos de un objeto adquieren la apariencia de una sola estructura sólida en relieve. Este aparato se compone de dos lentes excéntricas, o tiene otros medios destinados a reunir los rayos visuales de dos dibujos perspectivos tomados de distintos puntos de vista.

---

operar sus mágicos efectos? 760. Qué son vistas disolventes? 761. Qué es el telestereóscopo y en qué está fundado? 762. Qué es el estereóscopo? Cómo se explica

Si se pone sobre una mesa un objeto pequeño, como un dado de jugar, delante del ojo derecho, este ojo verá de frente un lado del dado, y encima divisará otro lado, mientras que el ojo izquierdo percibirá uno mas, el lado izquierdo. Esto demuestra que la impresion en la retina de un ojo es algo distinta de la del otro; y si se pudiera dibujar los objetos con las condiciones propias a la distancia entre los dos ojos, se obtendria con el estereóscopo el mismo efecto que si el objeto natural se estuviera viendo con los dos ojos. La mano del mas hábil artista no seria capaz de trazar diferencias tan sutiles; pero la fotografía viene aquí a nuestra ayuda y la luz misma delinea todos los detalles del mas complicado paisaje, sin dejar nada que desear, segun los distintos puntos de vista que se requiera para el caso.

Fig. 273.



La fig. 273 muestra la forma mas usual del estereóscopo, es decir, una especie de pirámide truncada con dos prismas o semi-lentes en la parte de arriba, hallándose los dibujos en el fondo: la linea marcada con puntitos representa la direccion seguida por el ojo izquierdo, y la entrecortada la del ojo derecho. Doblándose los rayos visuales al pasar por las lentes, se ven reunirse cuando tocan los ojos y llegan al medio del fondo, como se ve por las lineas dobles.

763. El *estereomonóscopo* es otro instrumento recien descrito por Mr. Claudet, de Londres, por el cual una sola pintura puede representar los objetos de relieve, del mismo modo que los divisamos por el estereóscopo, y por cuyo medio varios individuos pueden observar estos efectos al mismo tiempo.

764. El telescopio.—Los *telescopios* son instrumentos que sirven para ver los objetos lejanos, y particularmente los astros. Se atribuye a Metio, natural de Holanda, el descubrimiento del telescopio en 1608; pero al año siguiente, oyendo Galileo la invencion de un aparato de esta

sus efectos? 763. Qué es el estereomonóscopo? 764. Qué es el telescopio? Quién

clase, construyó uno para sí mismo, que fué el primero, sin duda, aplicado a un objeto práctico en el estudio de la Astronomía, a cuya ciencia ha prestado los mas valiosos servicios durante los dos ultimos siglos.

Los telescopios son de dos clases: *refringentes* y *reflejantes*. En los primeros, que fueron los usados al principio, se hacia uso de las lentes; y en los segundos se emplean espejos metálicos pulimentados.

765. El *telescopio refringente de Galileo* consiste de un tubo con una lente convexa de foco largo, y otra cóncava de foco corto, puestas aparte a una distancia igual a la diferencia de los focos principales. La primera lente hace que las haces paralelas convergan acia un foco, donde formarian una imágen invertida; mas antes de llegar al foco, caen sobre la lente cóncava, con lo que su convergencia es corregida, a punto que se distinga facilmente un objeto por un ojo a la extremidad del tubo. El anteojo de teatro, o sea los *gemelos*, se componen de dos telescopios galileanos combinados; y por el mismo principio está construido el *anteojo nocturno* que usan los marinos.

En el instrumento llamado el *telescopio astronómico*, tanto el vidrio objetivo como el ocular son convexos, produciendo el primero una imágen invertida en su foco; mientras el último, dispuesto de manera que su foco caiga en el mismo lugar, refracta los rayos divergentes de esta imágen, y los hace visible al ojo. La inversion de la imágen no es de consecuencia alguna en la observacion de los cuerpos celestes; pero cuando se trata de estudiar objetos terrestres, hai necesidad de que se vea una imágen derecha, y para este fin se pone dos lentes mas en el *telescopio terrestre*, que corrijan esta inversion de la imágen.

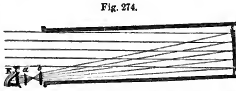
766. El *telescopio reflejante* es tambien usado, en casos particulares, para observaciones astronómicas. Hai muchas formas de él, inventadas por diferentes observadores, como los telescopios de Gregory, Newton y Herschel; pero en todas ellas se emplea el espejo metálico para formar una imágen de los objetos lejanos, y un vidrio ocular para amplificar la imágen. Aquí mencionarémos solo el telescopio de Her-

---

lo descubrió y cuantas clases son? 765. En qûé consiste el telescopio refringente de Galileo? Por qué han de ser distinto los telescopios astronómicos de los terrestres? 766. Demostrad el principio que sirve de base al telescopio de Herschel. Cuáles eran

schel, mostrándose por la fig. 274 el principio bajo el cual está construido.

Fig. 274.



El espejo S S está puesto en el extremo del tubo, e inclinado para que los rayos que caen sobre él converjan acia el lado del tubo en que se encuentra el vidrio ocular, *a b*, para recibirlo. El astrónomo observador se coloca en E, con su espalda vuelta a los cuerpos celestes, y mirando por el vidrio ocular, distingue la imágen reflejada. Su posicion ha de ser tal que no impida que los rayos entren el extremo abierto del tubo. El mérito y utilidad del instrumento dependen principalmente del tamaño del espejo; pues todos los rayos que caen sobre él son concentrados y trasmitidos al ojo.

El gran telescopio de Sir William Herschel tenia un espejo de cuatro pies de diámetro y tres y media pulgadas de espesor, que pesaba dos mil ciento dieziocho libras. Su largura focal era de cuarenta pies, y estaba engastado en un tubo de treinta y nueve pies y medio de largo y cuatro pies diez pulgadas en diámetro hecho de planchas de hierro. Al fijarlo en las estrellas, daba un poder amplificador de seis mil cuatrocientos cincuenta diámetros.

767. *El telescopio de Lord Rosse.*—El mas grande telescopio que se haya conocido fué hecho por el Conde de Rosse; y habiendo sido comenzado en 1842 no estuvo en estado de servir hasta el mes de febrero de 1845. El espejo grande mide seis pies en diámetro y tiene una largura focal de cincuenta y cuatro pies, pesando por junto cuatro toneladas. Un espejo mas para usar con el mismo instrumento, pesa tres toneladas y media. El tubo es de madera ceñido con aros de hierro, y tenia siete pies de diámetro y veinte y dos de largo. La base está sostenida sobre una estructura o bastidor articulado o de movimiento, y por medio de cadenas y roldanas se le puede mover y jirar facilmente entre las dos altas murallas que sostienen unas galerias movibles, desde las cuales puede el observador elejir la posicion que mas le acomode.

Siendo la suma de luz sobre una superficie como el cuadrado del diámetro, y si damos a la pupila del ojo humano un décimo de una pulgada de diámetro, este telescopio será setecientos veinte veces tan ancho como la pupila, o sea una área quinientos dieziocho mil veces tan grande como la del ojo desnudo. Suponiendo se pierda una mitad de la luz por reflexion del espejo, tendrémos todavia docientos cincuenta mil veces mas luz que la que comunmente entra en el ojo. Es inútil así decir el maravilloso poder de este instrumento para penetrar las mas remotas rejiones del espacio celeste.

768. *Aparato ecuatorial de telescopios.*—En los telescopios de mucho alcance, el movimiento diurno de la tierra hace que un cuerpo celeste pase con

---

las dimensiones de que empleaba este astrónomo? 767. Describid el gran telescopio de Lord Rosse y la fuerza de que estaba dotado. 768. Cuál es el objeto y disposicion

demasiada rapidez a traves del campo de observacion, sin dar tiempo a hacerla satisfactoriamente. A fin de obviar esta dificultad, se ha ideado un sistema de maquinaria, o sea un aparato ecuatorial, que da al telescopio una mocion uniforme para mantener a la vista constantemente el objeto bajo observacion. Se coloca un eje bien sostenido paralelo al eje de la tierra, y se le hace rotar por medio de un mecanismo de reló con un movimiento exactamente igual a la mocion sideral de los cielos. Un segundo eje, sobre el cual va montado trasversalmente el telescopio, se pone sobre el primer eje y en ángulos rectos con él. El instrumento puede elevarse o deprimirse en declinacion por la mocion del segundo eje, y suspendersele en ascension recta por la mocion en el primer eje. Así que el telescopio ha sido fijado sobre un objeto celeste, se le empalma sobre ambos ejes, y el movimiento de la maquinaria de reló lo hace seguir la mocion del objeto celeste. El instrumento así montado en un madcrage a propósito y con la dicha maquinaria, se llama *Ecuatorio*, o *Máquina paralactica*.

Otro instrumento mui usado es un telescopio montado propiamente para observar el tiempo del tránsito de los astros por el meridiano; y se llama *Instrumento de pasages*.

769. Lentes en escalones y faros.—Las lentes de grandes dimensiones presentan muchas dificultades de construccion, y ocasionan ademas una gran aberracion de esfericidad, perdiendo gran parte de su diafanidad a causa de su espesor. Para obviar estos inconvenientes, Fresnel inventó y puso en práctica las *lentes en escalones*, por cuyo medio se proyecta una fuerte luz paralela sobre el objeto que se quiere alumbrar a una gran distancia. Estas constan de una lente plano-convexa central, rodeada de segmentos anulares y concéntricos, cada uno de los cuales tiene una cara plana situada en el mismo lado que la cara plana de la lente central, mientras que las caras opuestas ofrecen una curvatura tal, que los focos de los diferentes segmentos van a formarse en el mismo punto. De esta manera, el conjunto de todos estos anillos vienen a formar una lente única con la lente central, que se ilumina con la lámpara de Argand, cuyos rayos son reflejados a mucha distancia. Tales son las luces que puestas sobre unas torres, llamadas *faros*, sirven para guiar al navegante y advertirlo del peligro de una costa o rocas vecinas. A fin de que todos los puntos del horizonte se hallen sucesivamente iluminados

de la máquina ecuatorial? 769. Cuál es el objeto y en que consisten las lentes en escalones? Cómo se las aplica a los faros?

por un mismo faro, se mueve la lente al rededor de la lámpara, por medio de un mecanismo de relojería, efectuando su revolucion en un tiempo que varia para cada faro; resultando de aquí, que en los diversos puntos del horizonte, hai sucesivamente aparicion y eclipse de luz a intervalos de tiempos iguales. Los eclipses sirven a los marinos para distinguir los faros de un fuego accidental; y ademas, por el número de eclipses en un tiempo dado, pueden los marinos distinguir un faro de otro, y reconocer la costa que tienen en frente.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 631.) ¿Qué tiempo ocupa un rayo de la luna en llegar a la tierra, siendo la distancia de la luna 240,000 millas?
2. El planeta Júpiter dista 496,000,000 del sol: ¿cuánto toma a un rayo de luz solar para alcanzar al planeta?
3. Un rayo de luz solar ocupa 12,326 segundos mas para llegar al planeta recien descubierto Neptuno que para llegar a Júpiter: ¿cuántas millas mas lejos estará Neptuno del sol que de Júpiter?
4. (*Véase* § 632.) A tiene su libro 1 pié y B 3 pies distante de la vela: ¿cuánta mas luz recibe A que B?
5. El planeta Urano dista dos veces mas del sol que el planeta Saturno: ¿cómo comparan entonces en intensidad la luz recibida en Saturno con la luz recibida en Urano?
6. (*Véase* § 691.) ¿Cuantas veces es aumentado el calor ordinario del sol por una lente ustoria con una área de 10 pulgadas cuadradas, y cuyo foco tiene una área de $^1/_{10}$ de una pulgada cuadrada?
7. Una lente convexa tiene un foco de $^1/_5$ de una pulgada cuadrada en el área, y aumenta 200 veces el calor de la luz solar ordinaria; ¿cuál es el área de la lente?

CAPÍTULO XV.

ACÚSTICA.

Produccion y propagacion del sonido.

770. La *acústica* tiene por objeto el estudio de los sonidos, sus causas, naturaleza y fenómenos.

Son distintos los términos *sonido* y *ruido*. El sonido propiamente dicho, o sea el *sonido musical*, es el que produce una sensacion continua, factible de apreciarse musicalmente; mientras el ruido es un sonido de escasa duracion e imposible de avaluar con exactitud, como el estampido del cañon; o tambien se llama así una mezcla confusa de muchos sonidos discordantes, como el retumbo de los truenos o el murmullo de las olas. La distincion no es, con todo, mui exacta, porque hai oidos tan finos que son capaces de apreciar el valor musical del ruido de un carruage, de una aldaba de puerta, etc.

771. NATURALEZA Y ORÍGEN DEL SONIDO.—El sonido es siempre el resultado de rápidas oscilaciones comunicadas a las moléculas de los cuerpos elásticos, cuando algun choque o rozamiento ha roto su equilibrio. Tienden entonces aquellas a recobrar su posicion primitiva, lo cual no lo consiguen sino despues de haber ejecutado varios movimientos oscilatorios o de vaiven sumamente veloces, y cuya amplitud decrece con no menor rapidez. Estas oscilaciones pueden compararse a las pequeñas olas que se forman en la superficie del agua de un estanque al arrojar una piedra en él; parten de un centro y van decreciendo mas y mas a medida que se retiran, hasta que ya no se distinguen.

Cuerpo sonoro se dice ser el que produce un sonido, *oscilacion* o *vibracion sencilla*, o sea un movimiento que no comprende mas que una *ida* o una *vuelta* de las moléculas vibrantes; y *vibracion doble* o *completa* si comprende *ida y vuelta*.

772. Hai varias maneras de comprobar que el sonido es producido por las vibraciones. Una persona colocada cerca de un piano u órgano en ejercicio, siente una mocion trémula en el piso o en el instrumento mismo si lo toca.

---

770. Cuál es el objeto de la acústica? En qué se distingue el ruido del sonido? 771. De qué proviene el sonido? Qué es cuerpo sonoro de oscilacion sencilla y

El mismo tremor es bien perceptible en una campana en el momento de hacérsela sonar.

Del mismo modo, si golpeamos un vaso de vidrio y le ponemos encima el dedo, mientras suena, distinguimos una ajitacion interna; y luego que la vibracion ha cesado por el contacto con el dedo, el sonido tambien desaparece con ella. Viértase agua en un vaso de vidrio y hagásele sonar frotando sus bordes con los dedos, y verémos agitarse el liquido, y seguirá moviendose hasta no ha parado el sonido. Tambien puede experimentarse las vibraciones, esparciendo una arena mui fina sobre un pedazo de vidrio cuadrado, y sostenido firmemente con unas tenazas; pasésele un arco de violin por uno de sus costados, y la arena comienza a agitarse hasta que se asienta sobre aquellas partes del vidrio que sufren el menor movimiento vibratorio, formando *líneas nodales* en figura de estrellas, etc. Cuando se golpea el diapason y se le aplica a una superficie de mercurio, puede observarse fácilmente unas pequeñas ondulaciones en el metal liquido.

Es así mismo mui sencillo probar que estas vibraciones se comunican al aire y por su medio se trasmiten al oido. El tránsito de un carruage pesado por la calle sacude los muros de una casa; la descarga de piezas de artilleria a veces rompe en pedazos los vidrios de una ventana; y estos efectos no pueden atribuirse sino a las súbitas vibraciones producidas en al aire. Si no hai aire u otro medio de trasmitir estas vibraciones al oido, el sonido no se oye. Hemos visto en otra parte (§ 439) como una campana tañida en el vacío apenas se deja oir; y si pudiera hacerse el vacío absoluto seria totalmente inaudible. Se deduce de aquí, que el sonido no salta de punto en punto, sino que es trasmitido por las vibraciones comunicadas de una partícula a otra.

773. Todos los cuerpos sonoros son elásticos, mas todos los cuerpos elásticos no son sonoros. Los cuerpos blandos son generalmente no-elásticos, y por lo mismo insonoros. Así es el algodon, por ejemplo, que da poco o ningun sonido al golpeársele con un martillo. Esta es la causa de que la música no produzca tanto efecto en los salones con paredes tapizadas y ventanas con cortinas. Por esto tambien, el orador halla mas dificultad en hacerse oir en un recinto lleno de jente, que en otro vacío.

774. Propagacion del sonido.—El sonido es generalmente trasmitido a nuestros oidos por el aire. Sin embargo, cualquiera otra sustancia material, que liga nuestros órganos auditivos al cuerpo vibrante, puede trasmitirnos las vibraciones de la misma manera; pero el grado de conductibilidad varia con cada sustancia. Por regla general, los líquidos son mejores conductores del sonido que los cuerpos aeriformes, y los sólidos mas que los líquidos.

---

completa? 772. Cómo se demuestra que las vibraciones causan el sonido? Cómo se prueba su transmision por el aire al oido? 773. Qué cuerpos son sonoros y cuales no lo son? 774. Cómo y por qué sustancias se propaga el sonido? Qué sustancias

Los vapores, el agua y otros liquidos trasmiten con facilidad el sonido. Si dos cuerpos chocan debajo del agua, el sonido qne causan, se oye distintamente. Un buzo oye en el fondo de un rio todo lo qne se le está hablando desde la ribera. En cuanto a los sólidos su conductibilidad es tal, que si ponemos el oido en la punta de una varilla, podemos distinguir al otro extremo el rasguño de un alfiler. Aplicando el oido a los rieles de nn ferro-carril, nos apercibimos del avance de nna locomotora a mucha distancia; y es bien sabido que los indios conocen la proximidad y marcha de un enemigo o cabalgada, echándose a tierra y poniendo en ella el oido. En varias minas de carbon de Cornualles, Inglaterra, hai galerías qne se extienden debajo del mar, y donde se oye claramente el sonido de las olas agitadas, qne se rozan y arrastran en el lecho rocalloso de la playa.

Las tocatas de nna banda de músicos pueden oirse en el aposento de otra casa,por medio de una cuerda tendida a traves de la calle, atándola de un extremo a una tabla sonora y del otro a una caja de madera. Poniéndose el oido en nna abertnra de esta caja, se oye todo el movimiento musical en escala menor por efecto de las vibraciones trasmitadas por la cnerda; al mismo tiempo que otra persona presente en el mismo recinto no se apercibe quizá de lo que ocnrre.

775. Cuanto mas denso es el aire mas bien trasmite el sonido. En la atmósfera rara de la cumbre de las montañas, apenas se oye la voz humana a una corta distancia, y el disparo de un rifle no causa mas ruido que el chasqnido del látigo en el nivel del mar. Por otra parte, el aire condensado de una campana de bucear bajada al fondo del mar, trasmite el souido tan distintamente,que los que descienden en ella tienen qne hablar mui bajo para no herirse los oidos. En un aire frio sin corrientes se oye distintamente la voz a mucha mas distancia que en la temperatura ordinaria, qne se calcnla ser a los 700 pies. El Teniente Foster de la tercera expedicion polar, refiere haber sostenido una conversacion a traves de la bahía de Port Bowen, a la distancia de una y cuarto de milla. El Dr. Young asegura que el grito del sentinela del Viejo Gibraltar podia oirse en el Nnevo Gibraltar, que dista unas diez millas. Dnrante la calma de una noche, la marcha do nna compañia de soldados se oye de 580 a 750 pasos; nn escuadron de caballeria al paso, a 750; y al trote o galope, a 1.080 pasos. Con un aire seco y calmoso, el estallido del rifle se siente a 1,000 pasos. El sonido del cañoneo de Waterloo fué sentido en Dover.

776. *Causas que hacen variar la intensidad del sonido.* —Muchas causas modifican la fuerza o la *intensidad* del sonido, a saber: la distancia del cuerpo sonoro, la amplitud de las vibraciones, la densidad del aire en el sitio en que se produce el sonido, la direccion de las corrientes de aire, y por último, la inmediacion o proximidad de otros cuerpos sonoros.

---

son mejores conductores del sonido? Qué hechos comprueban el gran poder conductor de los liquidos? Cómo pueden trasmitirse a una gran distancia las ejecuciones musicales? 775. Qué clase de aire favorecen la trasmision de los sonidos? Citad

Nos limitamos aquí a expresar las fórmulas de estas modificaciones, cuya demostracion es fácil y, en algunos casos, ya ejecutada:

1°. *La intensidad del sonido se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia del cuerpo sonoro al órgano auditivo.* Si se colocan cuatro campanitas a una distancia de 50 pies, y una sola a la distancia de 25 pies, se observa que esta última, herida ella sola, produce un sonido de igual intensidad que las cuatro primeras, heridas simultaneamente; lo que prueba que para una doble distancia, la intensidad es cuatro veces menor.

Y por la misma razon, el *sonido decrece en intensidad como aumenta el cuadrado de la distancia del cuerpo sonoro.* El estampido de un cañon parecerá solo un cuarto tan intenso a una distancia de 200 pies, que a la distancia de 100 pies.

2°. *La intensidad del sonido aumenta con la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro.* Esto se comprueba facilmente con una cuerda, que si es larga, hace patente las oscilaciones, notándose que cuando decrece la amplitud se debilita el sonido.

3°. *La intensidad del sonido depende de la densidad del aire en el sitio en que se produce.* Colóquese debajo del recipiente de la máquina neumática un aparato de relojería, y se observará que decrece la intensidad del sonido a medida que se enrarece el aire.

4°. *La agitacion del aire y la direccion de los vientos modifican la intensidad del sonido.*

5°. *La proximidad de un cuerpo sonoro refuerza el sonido.* Una cuerda de instrumento tensa al aire libre da un sonido mui débil, mientras que si se la coloca encima de una caja, cuerpo sonoro, produce un sonido lleno e intenso, como lo prueban la guitarra, el violin, etc.

777. VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE.—En circunstancias ordinarias, *el sonido se trasmite con una velocidad de* 1,120 *pies por segundo*, que es a razon de una milla en cerca de 4¾ segundos. Todos los sonidos, ya sean altos o bajos, fuertes o suaves, son trasmitidos por un medio dado con igual rapidez. Si no fuera así, no habria tal cosa como la harmonia en las ejecuciones musicales, pues las notas de los diversos instrumentos nos llegarian al oido en tiempos o intervalos diversos.

Por lo dicho, se vendrá en cuenta que el sonido viaja menos velozmente que la luz; esta anda 192,000 millas, cuando el otro va andando solo 1,220 pies. La diferencia de velocidades es perceptible aun a cortas distancias. Si miramos un hombre que rasga leña a unos pocos pasos de nosotros, vemos que el hacha cae sobre el madero un momento antes que oigamos el ruido del golpe. Lo mismo sucede con el estampido del cañon, que no se oye sino des-

---

algunos ejemplos que lo confirman. 776. Cuáles son las causas que modifican la intensidad del sonido? Expresad las fórmulas de estas diversas modificaciones? 777. Cuál es la velocidad del sonido en el aire? Cómo se explica la diferencia de

pnes que se ha visto la llama, siendo mayor o menor el intervalo conforme a la distancia.

778. *Experimento sobre la velocidad del sonido.*—Se ha aprovechado de este intervalo qne media entre la llama y el estampido del cañon para calcnlar la velocidad del sonido por el aire. El mas notable y completo de estos experimentos fué ejecutado en 1822 por Prony, Arago, Humboldt, Gay Lussac y otros por órden y direccion de la Oficina de Longitndes de Paris.

Se colocaron dos cañones, uno en Montlhéry y otro en Montmartre, mediando una distancia entre los dos puntos de poco mas de diez millas (18,612 métros). Las descargas fueron recíprocas, a fin de evitar la inflnencia del viento. En cada estacion habia varios observadores con cronómetros en mano, qne marcaban el tiempo entre la llamarada y el arribo del sonido. Este tiempo intermedio podia estimarse bien como el trascurrido para que el sonido pasase de nna estacion a otra, pues el tiempo ocupado en el tránsito de la lnz de un punto a otro, es insignificante e inapreciable. El tiempo medio hallado para la trasmision del sonido fué de 54.6 segundos. Dividiendo la distaucia entre las dos estaciones por este número, se obtuvo la velocidad por segundo. La velocidad del sonido a los 61° F. (16° C.), que era la temperatnra de la atmósfera al instante del experimento, vino a ser 1,118.3 pies (340.88 métros), porque 18.612 ÷ 54.6 = 1,118.3.

La velocidad del sonido decrece con la temperatura; a 50° F. (10° C.) es 1,105.66 pies (337 m.); de modo que bajando la temperatnra, el sonido disminnye en velocidad como un pie por grado. Cuando el aire está tranquilo la velocidad es la misma en igual temperatnra, sin relacion al estado de la atmósfera nublada o despejada, etc. La velocidad y direccion de los vientos hace variar tambien la velocidad del sonido.

Por regla general, puede decirse qne para hallar el número de segundos trascurrido desde qne vemos la llama hasta oir el sonido, se multiplica este por 1,120 (tiempo medio señalado en el § 777), y tendrémos la distancia en segundos. Por ejemplo, si el estallido de un trueno es oido 3 segundos despnes del relámpago, la nube de que procede debe distar 3 veces 1,120, o 3,360 pies.

779. *Velocidad del sonido en los líquidos y sólidos.*—Como principio general, puede sentarse que el agua trasmite el sonido 4½ veces mas rapidamente que el aire; el hierro, 10 veces mas rápido; y diferentes clases de madera de 11 a 17 veces.

Aplíquese el oido a nn extremo de una larga varilla, y que otro dé a esta nn golpe al otro cabo con nn mazo o martillo; y se hallará que la madera condnce el sonido al oido con tanta mayor rapidez que el aire, pnes el golpe se oye dos veces. M. Biot hizo un experimento en Paris en una cañeria de

---

tiempo entre la llama y estampido del cañon, etc.? 778. Qué experimento importante ha sido hecho para calcular la velocidad del sonido? Cuál es la velocidad actual que se ha encontrado, y como se calcula esta? 779. Con qué velocidad trasmite el

hierro para el agua de una extension de 3,120 pies. Colgó una campana en el centro de un aro de hierro, que colocó a la entrada del caño, de manera que las vibraciones del aro afectasen solo el metal del caño, y las vibraciones de la campana el aire encerrado en el mismo. Cuando el aro y la campana fueron tañidos simultaneamente, el observador al otro extremo oia dos sonidos, uno trasmitido por el metal y el segundo por el aire. Notando el intervalo entre la llegada de ambos sonidos, se averiguó que la velocidad de la propagacion del sonido en el hierro fundido es como 10.5 de la observada en el aire, es decir: 11,609 pies (3.538.5 m.). Hassenfratz hizo experimentos parecidos en las murallas de piedra de las catacumbas de Paris.

780. Distancia a que se propaga el sonido.—No es posible medir precisamente la distancia a que son audibles los sonidos. En general, se admite que un sonido será trasmitido tanto mas léjos cuanto mas denso es el medio por que se propaga. Tambien depende mucho de la finura de oidos de la persona, y otras varias circunstancias ya indicadas; como la temperatura, la humedad atmosférica, la densidad, la velocidad y direccion de las corrientes de aire. Sin embargo, se ha fijado la distancia de setecientos pies, o como un octavo de milla, lo que alcanza la voz humana en su tono mas alto.

A traves del agua, o por la atmósfera inmediata a ella, el sonido se trasmite a una larga distancia. Sturn y Culloden hicieron experimentos en 1827 sobre la velocidad del sonido, y hallaron que el tañido de una campana debajo del agua se oia por todo el Lago de Ginebra, que cubre una área de no menos de diez millas. La mayor distancia atravesada por el sonido, de que se haga cuenta, ha sido él de la erupcion del volcan de San Vicente, en las Antillas, que se oyó en Demerara, 340 millas de lejanía.—El sonido anda con mas velocidad y fuerza por la tierra, como queda indicado. Se dice que el cañoneo en el sitio de Ambéres fué oido en las minas de Sajonia, que distan 320 millas; y el cañon de la batalla de Jena, que resonaba débilmente en el campo abierto, se oia distintamente en las fortalezas. El ruido de una batalla naval entre ingleses y holandeses, en 1672, fué oido en Shrewsbury, a 200 millas de distancia.

781. *Sombras acústicas.*—Las personas separadas por un muro u otro obstáculo, oyen distintamente el sonido, aunque de un modo algo apagado o reducido en volúmen. Las melodías de una banda de música se perciben mui bien en una casa o calle vecina; porque las interposiciones o panta-

sonido el agua, el hierro y la madera? Qué experimento hizo Biot con el hierro? 780. Cuál es el límite a que son perceptibles los sonidos? Qué ejemplos notables hai de distancias atravesadas por el sonido? 781. Qué son sombras acústicas y si pueden

llas que cortan y hacen opaca la luz, no arrojan una sombra perfecta al sonido. Este no es apagado del todo, cuando el obstáculo intermediante es un cuerpo elástico, que propaga las vibraciones a la manera que la luz pasa por un medio trasparente. El ruido de un convoi de carros en un ferro-carril calla de repente para el oyente lejano, al entrar en un túnel o socabon, y vuelve a oirse súbitamente al salir de él. Las sombras acústicas demasiado grandes detienen el sonido a veces, a causa de no poder vibrar por su tamaño. Se parecen, con todo, a las sombras de luz, en que nunca se obtiene una perfecta oscuridad, así como con las sombras acústicas no se consigue un perfecto silencio.

782. Tubos acústicos.—La dispersion del sonido en el aire ambiente es lo que lo hace al fin inaudible ; y encerrándolo así dentro de tubos, se le puede trasmitir a mucha mas distancia. El mas ligero cuchicheo puede ser oido por el conducto de un tubo de hierro de 3,000 pies (mas de media milla) de largo.

Este hecho ha sido utilizado de varias maneras. En los grandes establecimientos, fábricas y aun casas privadas, se envia mensajes de una parte a otra, a veces a grandes distancias, por medio de estos tubos, evitando con ello la necesidad de correr de un apartamento o sitio a otro. El *estetóscopo* es otra aplicacion de este principio. Este es un instrumento para examinar los pulmones y otros órganos internos ; y consiste de un cilindro hueco de madera con un extremo formado a manera de embudo, que se coloca sobre la parte que se trata de examinar. Poniendo al otro extremo el oido se puede percibir mui distintamente los sonidos producidos por la accion vital, y saberse por este medio el estado del órgano examinado.

783. La bocina.—Aun siendo corto el tubo, el impulso dado a la columna de aire encerrada en él, la conmueve de tal modo, que trasmite el sonido a una distancia mucho mayor que se hubiera difundido por la atmósfera. Este es el caso con la *bocina* o *porta-voz* empleada por marineros y otros que desean dar mayor alcance a su voz. La estrechez del tubo impide la salida libre del aire que la voz hace vibrar. Los órganos de articulacion operan, por tanto, con una fuerza

apagar del todo el sonido? 782. Cómo se refuerza el sonido por los tubos acústicos? Qué aplicaciones se ha hecho de esto? 783. Cómo se aumenta la voz con la bocina y

concentrada, como lo hacen cuando el aire está condensado; y por consiguiente, al salir las vibraciones del tubo, son impelidas a una gran distancia. Una voz fuerte es audible a una distancia de tres millas, usando una bocina de 20 pies de largo. Todo el que emplea la bocina mucho tiempo, se fatiga, lo que prueba el esfuerzo extraordinario requerido con la voz.

784. INTERFERENCIA DEL SONIDO.—Cuando se encuentran en un mismo plano dos séries de vibraciones sonoras de igual intensidad, de modo que las depresiones de una correspondan a las elevaciones de otra, ocurre el fenómeno de *interferencia;* y las ondulaciones en vez de causar un gran estrépito, se neutralizan entre sí y ocasionan silencio.

Haced vibrar un diapason y colocadlo sobre un vaso de vidrio invertido. Las vibraciones se comunican pronto al vidrio, y se oye una nota musical. Poned ahora otro vaso igual en ángulos rectos al primero y al frente del diapason, y el sonido cesará. Quitadlo y volverá a oirse la nota. La causa de esto está en que las vibraciones del primer vaso que producen el sonido, son neutralizadas por las del segundo.

785. REFLEXION DEL SONIDO.—Si las ondas de aire en que es trasportado el sonido chocan, durante el curso de su dilatacion, contra una superficie sólida, serán reflejadas en conformidad a las leyes del impacto de los cuerpos (§ 66), es decir: que el ángulo de reflexion será igual al de incidencia.

786. ECOS.—Llámase *eco* la repeticion de un sonido en el aire por efecto de su reflexion sobre algun obstáculo lejano.

Un buen oido no puede distinguir un sonido de otro, a menos que ocurra un intervalo de un $\frac{1}{9}$ de segundo entre el arribo de los dos sonidos; y seria inaudible de otra manera. Siendo la velocidad del sonido de 1,120 pies por segundo, en un $\frac{1}{9}$ de segundo andaria un sonido 124 pies. Para tener un perfecto eco, el reflector debe estar entonces al menos 62 pies del cuerpo sonoro ($62 \times 2 = 124$). Si

---

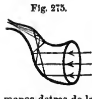
a que distancia puede llevarse? 784. Cuándo ocurre la interferencia de los sonidos y que resulta de ella? Cómo se demuestra? 785. A qué reglas está sometida la reflexion de los sonidos? 786. Qué son ecos y cuando se producen? 787. Cuándo

pronunciamos una sentencia a distancia de 62 pies del reflector, oirémos un *eco monosílabo;* a doble distancia, uno *bisílabo*, etc. Cuando no llega la superficie reflectora a 62 pies, se confunden los sonidos directo y reflejado; mas si no es posible oirlos separadamente, se encuentra en compensacion reforzado el sonido unico, circunstancia que se expresa diciendo que hai *resonancia;* lo que ocurre a veces en salas mui espaciosas.

787. *Ecos multíplices* son los que repiten muchas veces el mismo sonido, como sucede cuando dos obstáculos, situados el uno en frente del otro, dos paredes paralelas, por ejemplo, se envian sucesivamente el sonido.

Hai ecos que repiten una sílaba hasta 30 veces, como él del castillo de Simoneta, en Italia. En Ademach, Bohemia, hai un eco que repite siete sílabas tres veces; y en Woodstock, Inglaterra, hai otro qne repite un sonido 17 veces durante el dia, y 20 por la noche. El mas celebrado eco entre los antiguos era él de Metelli, en Roma, que, segun la tradicion, era capaz de repetir la primera linea de la Eneida, que contiene 15 sílabas, hasta ocho veces con claridad.

788. *La trompetilla acústica* sirve para las personas que tienen un oido duro, pues concentra y refleja a la membrana interior del oido las vibraciones que la hieren, y hace de este modo audibles los sonidos que de otra manera se hubieran dispersado.


Fig. 275.

La fig. 275 hará comprender claramente su base de accion. El sonido entra el extremo ancho, y por reflexiones sucesivas va a unirse al extremo pequeño, que se aplica al oido. La parte externa de la oreja está calculada por su forma para acumular las olas sonoras que la hieren y reflejarlas a la membrana interior. Así vemos que para oir mejor algunas personas se ponen las manos detras de la oreja, como si se qnisiera imitar la accion de la trompetilla acústica.—Los caracoles reflejan tambien de la superficie interior las vibraciones de afuera; y de ahi ese sonido pecnliar que admiramos en ellos.

789. Galerias sonoras.—Siendo las leyes de la reflexion del sonido las mismas que las de la luz y del calor, ocasionan las superficies curvas a *focos acústicos* análogos a los luminosos y caloríficos que se producen delante de los

son mnltiplices los ecos y hasta que pnnto se repiten en algunos parajes notables? 788. Cuái es el uso de la trompetilla acústica y como está construida? 789. Qué son

reflectores cóncavos. Póngase, por ejemplo, dos grandes espejos cóncavos de metal amarillo, como se ha visto en la fig. 217, uno en frente del otro; y se oirá distintamente el golpe de un reló, el mas leve cuchicheo, en el foco de uno, y despues de dos reflexiones en el foco del otro, aunque sea inaudible en cualquiera otro punto. Dos personas sentadas con la espalda vuelta, pueden así sostener una conversacion, mientras que los que estan entre ellos no saben tal vez lo que pasa. Tal es el principio bajo el cual estan construidas las *galerias resonantes ;* debiendo contener cúpolas o tener una forma elíptica, para que las ondulaciones, al herir las murallas, sean reflejadas al punto en que el oyente esté colocado.

Una de las salas del museo de antigüedades del Louvre, en Paris, es un ejemplo de tales construcciones. La cúpola de la Rotunda del Capitolio de Washington, constituye una buena galeria resonante; como lo es tambien la de la iglesia de San Pablo, en Londres. El *oido de Dionisio,* una prision construida para el tirano de Siracusa de este nombre, estaba construida bajo este principio. Refiérese que los muros y techos estaban dispuestos de modo que cada sonido interior fuese reflejado y conducido a una habitacion inmediata, donde el tirano se deleitaba en ir a escuchar los cuchicheos y secretos de sus víctimas.

790. *Teatros y salones filarmónicos.*—Los teatros, los salones de concierto, recitacion, etc., deben estar construidos de manera que trasmitan los sonidos articulados por todo el espacio ocupado por la audiencia, sin que intervenga eco alguno o sonido importuno. Conforme a los principios teóricos, la mejor forma de muralla seria la de una parábola. Los adornos, pilares, alcobas, techos abovedados, y todo espacio, y huecos y proyecciones inútiles, sirven para romper y destruir los ecos y resonancias. La altura de una sala para discursos y ejercicios oratorios no deberia ser de mas de 30 a 35 pies; porque en este punto, llamado el limite de los sonidos perceptibles, la reflexion y la voz se unirian bien, y reforzarian la voz del orador; porque si fuese mas alta, el sonido directo y el eco comenzarian a oirse separadamente, causando confusion.

Teoria física de la música.

791. Sonido musical.—El *sonido musical* es el resultado de vibraciones contínuas, rápidas e isócronas, que producen en el órgano del oido una sensacion prolongada.

galerias sonoras y como estan construidas? Cuáles son las mas notables? 790. Cuáles son las reglas principales en la construccion de teatros, salones, etc.? 791. Qué se

El oido distingue en el sonido musical tres cualidades particulares, como son: el *tono*, la *intensidad* y el *timbre.*

792. *El tono* es la impresion que resulta, para el órgano del oido, del mayor o menor número de vibraciones en un tiempo dado.

El tono del sonido musical es *grave* o *agudo.* Esta calificacion depende de la rapidez del movimiento vibratorio, y cuanto mas rápido sea este mas agudo será el sonido. Los tonos graves son mas altos, porque se requiere mas rápidas vibraciones para producirlos, lo que no se consigue generalmente sin esfuerzo. De consiguiente, solo serán sonidos absolutamente graves o agudos los que se encuentren en los puntos extremos de la escala de los sonidos perceptibles, pues todos los intermedios no son mas que graves o agudos de un modo relativo. Con todo, se dice que un sonido es grave o agudo, así como se expresa que es alta o baja una temperatura, comparando el sonido con los que de ordinario se oyen.—La relacion de gravedad o de agudeza de los sonidos se llama *tono.* Es decir, que esta palabra expresa el grado de altura de la gama que se está ejecutando.

793. *La intensidad,* o la fuerza del sonido, depende de la amplitud de las oscilaciones, esto es, del grado de condensacion producido en el medio de la onda sonora, y no del número de estas vibraciones.

Un mismo sonido puede conservar igual grado de gravedad o de agudeza, y adquirir mayor o menor intensidad, cuando varia la amplitud de las oscilaciones que lo produce. Tal es lo que sucede al vibrar una cuerda tensa, en que la intensidad del tono variará a medida que las partes vibrantes pasan a uno y otro lado de la línea de equilibrio.

794. *El timbre* es aquella cualidad que nos permite distinguir perfectamente entre los sonidos del mismo tono y la misma intensidad.

De esta manera distinguimos los sonidos producidos por la flauta y el clarinete. El timbre del instrumento parece depender no solo de la naturaleza de los cuerpos sonoros y otros adyacentes vibrados por aquellos, sino de la forma y material del instrumento; y probablemente tambien de la curva de la vibracion. La voz humana tiene tambien timbres diferentes, segun los individuos, la edad o el sexo.

795. *Unísono.*—Los sonidos producidos por el mismo número de vibraciones por segundo, se dice estan *al unísono.* Estos se clasifican tambien como graves y agudos.

---

llama un sonido musical? Cuáles son sus cualidades? 792. Qué es el tono y en qué se divide? Cuándo se lo llama grave o agudo? 793. En qué consiste su intensidad? 794. Cuál es el efecto del timbre? 795. Qué es el unísono y como se le determina

El número exacto de las vibraciones de un cuerpo sonoro, se determina por un instrumento llamado la *sirena*, inventado por de la Tour, y por otro aparato conocido como la *rueda dentada* de Savart; y estando los contadores de estos al unísono, se sabe que hai un mismo número de vibraciones en el mismo tiempo.

796. *Melodía—Armonía.*—La *melodía*, en la música, consiste en una sucesion de notas, que tienen una simple relacion numérica entre sí, y causan una sensacion agradable en el oido. Una combinacion de notas que suenan a la vez es una *cuerda*, y la sucesion de cuerdas constituye la *armonía*. Por *medida* o *ritmo* musical, se entiende la duracion de las notas o acuerdos correspondientes a ciertas divisiones regulares de tiempo, parecidas al metro y rima de la poesía.

Instrumentos musicales.

797. Todos los sonidos musicales son producidos por las vibraciones de los sólidos o del aire encerrado; y esto da orígen a la division de los instrumentos musicales en dos clases principalmente: los *instrumentos de cuerda* y los *instrumentos de viento*—a los cuales puede añadirse los de *membruna* o *tambores*.

798. *Instrumentos de cuerda.*—Estos instrumentos son todos compuestos, y los sonidos producidos por la vibracion de las cuerdas, son reforzados por planchas elásticas de madera y el aire contenido en ellas, a los cuales comunican las cuerdas sus propias vibraciones. Pueden ser vibradas las cuerdas por un arco, como en el violin, por el tañido en el arpa, y por la percusion en el piano.

Para producir notas de diversos tonos, dos cuerdas han de vibrar con diferentes grados de rapidez; y a fin de conseguirlo, una debe ser mas larga que la otra o mas gruesa o mas tensa. Cuanto mas gruesa es una cuerda, en una longitud y tension dadas, tanto mas despacio vibra y mas grave es el tono producido; y cuanto mas tensa esté, en una longitud y grosor dados, tanto mas rápidamente vibra y mas agudo será el tono.

La música del arpa eoliana proviene de la accion de las corrientes de aire sobre cuerdas tensas entre dos sostenedores de dos o tres pies aparte. Este sencillo instrumento produce las mas gratas combinaciones musicales, comenzando con una armonía baja y suave, como si procederia de una distancia grande, hinchándose a medida que se acerca, mientras otras notas rompen y se mezclan a las primeras con esquisita melodía.

---

796. Qué es melodía y armonía? 797. Cómo se producen los sonidos musicales? Cuántas clases de instrumentos musicales hai? 798. Qué causa el sonido musical en los instrumentos de cuerdas? Qué se requiere para efectuar con ellos notas de dis-

799. *Instrumentos de viento.*—Se producen sonidos musicales en los instrumentos de viento (tambien dichos tubos sonoros), por medio de las vibraciones del aire encerrado en los tubos. El tono de cada nota varia, en los tubos sonoros de igual diámetro, conforme a la longitud de la columna vibradora; y cuanto mas corta sea la columna, tanto mas alta o aguda es la nota.

Hai dos maneras de combinar las notas de diferente tono en un mismo instrumento: 1°. Juntando los tubos de diferente longitud y diámetro, como en el órgano; 2°. usando un solo tubo con aberturas u orificios tapados a intervalos, que el aire mismo abre al salir, con lo cual se puede contener las vibraciones internas en el punto deseado; como sucede con la flauta.

En cuanto al modo de poner en vibracion el aire en los tubos sonoros, pueden dividirse en *instrumentos de boca* e *instrumentos de lengüeta*. En los primeros estan fijas todas las partes de la embocadura, como son la flauta, el pito, el flajeolé, etc.; y en los otros, es una laminita elástica de metal o madera la que pone en vibracion el aire, siendo la corriente de esta la que comunica el movimiento a aquella; y así estan hechos los oboes, los fagotes, el clarinete, la trompa, etc.

Habrá acuerdo entre las notas de un instrumento de viento y otro de cuerda, cuando la columna de aire contenida en el primero, vibra con la misma rapidez que la cuerda que produce el sonido en el último.—Los tubos sonoros estan abiertos o cerrados en ambos extremos, o abiertos en un extremo y cerrados al otro. En el último caso, la nota producida es mucho mas baja que en cualquiera de las dos condiciones anteriores, siendo una misma la longitud de los tubos.—Las notas musicales se producen en los instrumentos de viento, soplando en uno de los extremos, y haciendo penetrar una corriente de aire por la abertura, o tambien causando que esta corriente actúe sobre delgadas láminas de metal o madera propiamente arregladas en el interior.

Con el surtidor de una lámpara de gas hidrógeno encendido, se puede producir sonidos musicales de mucha dulzura, poniéndole tubos de vidrio de cosa de una pulgada de diámetro, haciéndose subir o bajar el sonido con acortar o alargar dichos tubos. La causa de estos sonidos está en las vibraciones ocasionadas en el aire encerrado por el hidrógeno ardiente.

800. *El órgano.*—El mas grande y complicado de los instrumentos musicales es el órgano, pues combina casi todos

---

tintos tonos? En qué consiste el arpa eoliana? 799. Cómo se causa el sonido en los instrumentos de viento? En cuántas clases se dividen? Qué observaciones hai que hacer en los instrumentos de esta clase? Cómo se produce sonidos musicales

los tonos de cada uno de los otros, de modo que pueden usarse por separado o en conjunto a voluntad del ejecutante. Hai un órgano en Suiza cuyos tonos se parecen tanto a los de la voz humana, que los viageros que lo han oido se imajinan estar oyendo un coro completo de cantores. El gran órgano de Haarlem, en Holanda, el mayor del mundo, tiene 5,000 tubos.

Se atribuye la invencion del órgano a Ctesibio, el barbero de Alejandria que inventó la bomba aspirante. El órgano de agua, o *hidraulicon*, fué conocido dos siglos antes de la era cristiana. Los órganos de viento no son mencionados hasta el siglo octavo, aunque sin duda fueron inventados con anterioridad. Sabese que el Emperador griego Constantino obsequió a Pepino, rei de Francia, un instrumento de esta clase en 757.

801. Escala musical—La gama.—La escala musical se compone de los siete sonidos distintos (sin contar el octavo), que expresan la mas simple relacion entre sí, y combinados forman el tono musical. Esta serie de sonidos se llama la *gama*, o *escala diatónica*. Los sonidos que la constituyen, vienen a ser las notas de la música. Estas se distinguen, entre los ingleses, por las letras C, D, E, F, G, A, B; y por los italianos, españoles, etc., por las expresiones *do*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, y los franceses, menos la primera que llaman *ut*.

Tambien puede representarse las notas de la escala en números; y a fin de hallar la relacion que existe entre la nota fundamental, C, o *do*, y las otras notas, se hace uso del instrumento llamado *monocordio* o *sonómetro;* por cuyo medio se conoce las vibraciones trasversales de las cuerdas. El sonómetro consta de una caja de madera delgada, provista de dos caballetes sobre los cuales se tiende una cuerda o alambre metálico, fijo de un extremo y tenso del otro, mediante diversas pesas, que se pueden aumentar a voluntad. Vibrada la cuerda mas larga produce la nota C; acortada despues por un caballete movible, de modo que la longitud de la cuerda venga a ser $8/9$ de la anterior, produce la nota D; y así las demas. La siguiente tabla expresa el número de vibraciones correspondiente a cada nota, representando por 1 los de la nota fundamental *do* o C.

Nombres de las notas..	C	D	E	F	G	A	B
	do	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*
Número de vibraciones	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	[illegible]/5	$\frac{8}{15}$

Avanzando mas todavia el movimiento de la escala, hallarémos el octavo sonido, o la *octava*, que es prodncido por una longitud de cuerda igual a la

con el gas encendido? 800. Qué hai que decir del órgano y quién lo inventó? 801. Qué es lo que constituye la gama y como se la distingue? Cómo se representa la escala

mitad de la del sonido fundamental. Sobre esta nota, una octava mas alta que el sonido fundamental, se puede construir una escala, cada nota de la cual es producida por la vibracion de una cuerda, que es la mitad del largo de la que produce la nota en la precedente escala. Del mismo modo podemos tener una tercera o cuarta escala.

802. *Número relativo y absoluto de vibraciones.*—Basta invertir las fracciones de la tabla que hemos dado en el párrafo precedente, para hallar el número relativo de vibraciones correspondiente a cada nota en el mismo tiempo; puesto que el número de vibraciones está en razon inversa de la longitud de las cuerdas. Así el *re* dará, $\frac{9}{8}$; el *mi*, $\frac{5}{4}$; el *fa*, $\frac{4}{3}$, etc.; lo que indica que para producir la nota *re*, hai que hacer nueve vibraciones, en el mismo tiempo que se han hecho ocho para la nota fundamental *do*: y en el mismo órden las demas.

El número absoluto de vibraciones correspondiente a cada nota, se encuentra poniendo al unísono un sonido dado, por medio de los aparatos ya mencionados de la sirena y rueda de Savart. Si se pone aquella al unísono con el *do* fundamental, para hallar una nota, como *re*, no tenemos mas que multiplicarlas por la fraccion $\frac{9}{8}$; y así en las demas. El resultado será el siguiente:

Notas	*do*	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*
Número absoluto de vibraciones sencillas..	128	144	160	170	192	214	240

Los números absolutos de vibraciones para las gamas superiores, se obtiene multiplicando por 2, por 4, por 8, etc., los números de la anterior tabla; y para las inferiores se dividen estos mismos por 2, por 4, etc. Ejemplo: el número de vibraciones simples del *sol* es igual a 192 × 4, o 768 por segundo.

Conviene notar que existe alguna diferencia de opiniones respecto al número actual de vibraciones que producen una nota particular. Así el *sol* 3 (gama alta), que hemos dicho produce 428 vibraciones, varia como sigue:

Orquesta de la Opera de Berlin	437.32
" " Opera Cómica de Paris................	427.61
" Academia de Música de Paris................	431.34
" Opera italiana..............................	424.14

Se ha notado una elevacion progresiva del diapason o intensidad de la música desde el tiempo de Luis XIV, cuando el *la* de la orquesta contenia, segun Sauveur, 810 vibraciones simples (= 405 vibraciones completas) por segundo; el número actual en la Gran Opera es ahora de 898, o casi un tono mas alto. Esta elevacion se ha efectuado principalmente durante el presente siglo, y de 1823 acá ha sido de un semi-tono. A esta causa se atribuye la escasez comparativa de voces de tenor. Las razones para este cambio (todavia creciente) no son de nuestro resorte.

803. *Longitud de las ondas sonoras.*—Es fácil averiguar la longitud de una

en números? 802. Qué reglas hai para hallar el número relativo y absoluto de vibraciones correspondiente a cada nota? Cuál es el número actual de vibraciones de diversas orquestas? Qué se observa del diapason de la música antigua y moderna?

vibracion sonora, cuando conocemos el número de vibraciones hecho por segundo. Como el sonido anda a razon de 1,118 pies por segundo (§ 778), si ocurre una vibracion en este espacio de tiempo, la longitud de la onda debe ser 1,118 pies; si hai dos vibraciones, la longitud de cada nna será 1,118 = 569, etc. El *do* corresponde, como queda visto, a 128 vibraciones por segundo, la longitud de sus ondas es entonces (1,118 ÷ 128) = 8.73 pies.

La siguiente tabla indica la longitud de las ondas correspondientes al *do* de escalas sucesivas:

		Longitud de las ondas en pies.	Número de vibraciones por segundo.
Gama alta.	*do*—3	70.	16
	do—2	35.	32
	do—1	17.5	64
Gama baja.	*do*—1	8.73	128
	do—2	4.375	256
	do—3	2.187	512
	do—4	1.093	1024

804. *Intervalo* es la relacion numérica que existe entre el número de vibraciones hechas en un mismo tiempo por dos sonidos, o sea el número que indica cuanto mas alto es un sonido que otro. El intervalo de *do* a *re* se llama nn segundo; de *do* a *mi*, tercera; de *do* a *fa*, cuarta; ....de *do* a *do*, octava. Los intervalos distintos no vienen a ser sino tres, que son $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$ y $\frac{16}{15}$. El primero, que es mas considerable, se llama *tono mayor;* el segundo, *tono menor;* y el tercero y mas pequeño, *semi-tono mayor*. El intervalo entre el tono mayor y menor es de $\frac{80}{81}$, que se denomina *comma*, y requiere un oido mui ejercitado para apreciarlo. Los músicos intercalan entre las notas de la gama otras intermedias, llamadas *sostenidos* y *bemoles*. Sostener nna nota es aumentar el número de vibraciones de 24 a 25; y *bemolizarla* es diminuir este número de 25 a 24.

805. *Acorde perfecto y disonancia.*—Hai acorde en la coexistencia de muchos sonidos que producen en el oido nna sensacion agradable; y disonancia, cuando los sonidos son complicados y afectan desagradablemente el oido. El acorde mas sencillo es el nnisono, y siguen luego la octava, la tercera, la cuarta y la sesta. Se conoce como *acorde perfecto* a tres sonidos simultaneos, tales como el tercero y segundo que forman una tercera mayor; el segundo y el tercero nna tercera menor; el primero y el tercero una quinta; es decir: tres sonidos en que los números de vibraciones correspondientes, estan entre si como 4, 5, 6. Ejemplo: *do, mi, sol; sol, si, re,* forman dos acordes perfectos. Estos acordes son los que producen en el oido la sensacion musical mas grata.

806. *Pulsaciones.*—Cuando dos sonidos, que no estan al unisono, se producen simultaneamente, se oye a intervalos iguales nn refuerzo del sonido que se llama *pulsacion*. Supongamos, por ejemplo, que sea 30 y 31 el número de vibraciones para estos dos sonidos; despues de 30 vibraciones del

803. Cómo se determina la longitud de las ondas sonoras? 804. Qué es intervalo en la música? Qué son sostenidos y bemoles? 805. Qué es acorde y disonancia musi-

primero o 31 del segundo, habrá coincidencia, y por lo mismo, pulsacion. Si las pulsaciones estan bastante aproximadas para producir un sonido continuo, será este evidentemente mas grave que los de que deriva, pues proviene de una sola pulsacion, siendo asi que los demas son de 30 y 31.

807. *Diapason, hierro de tono* o *corista*, es un instrumentito por medio del cual se reproduce a volnntad nna nota invariable, por lo qne se le emplea para regular o afinar instrumentos de música. Consiste en una barra de acero encorbada sobre sí misma en forma de pinzas, la cual se hace vibrar, ya pasando nn arco por sus bordes, ya separando bruscamente sus dos ramas por medio de un cilindro de hierro que a la fuerza se hace pasar entre ellas. Se refuerza su sonido, fijándolo en una caja de madera abierta por una de sus extremidades. La nota que produce de ordinario es el *la*, correspondiente a 856 vibraciones sencillas.—Hai tambien otro instrumento, una especie de pito, que sirve en los coros para regular la voz.

Organos vocales y auditorios.

808. Voz HUMANA.—El aparato vocal del hombre contiene tres partes esenciales: la tráquea, la laringe y la boca. Los pulmones y la tráquea hacen las funciones de los fuelles acústicos de un órgano. La laringe corresponde a la boquilla, o aquella parte del tubo de órgano que da un carácter peculiar al sonido. La boca y los pasajes nasales corresponden a aquella parte del tubo, encima de la boquilla, por donde salen las vibraciones de la columna de aire a la atmósfera. El aire viene por la tráquea, que es un tubo formado de anillos cartilaginosos, y es echado por la laringe, un órgano casi cerrado por dos membranas.

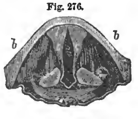
Los sonidos de la voz humana, al hablar o cantar, resultan de las vibraciones de estas dos membranas tensas a traves de la *tráquea*, o tubo, que comunica la boca con los pulmones. La parte superior de la tráquea, que consiste de cuatro partes de cartílago, que se distinguen con los nombres de tiroide, cricoide y dos cartílagos aritenoide, forman la *laringe*. Esta se aplasta acia la cima y viene a terminar en dos membranas, que casi cierran el pasaje, dejando en el medio de ambas una abertura, que se llama la *glótis*. Las dos membranas son conocidas como las *cuerdas vocales*, y son sus vibraciones causadas por el pasaje del

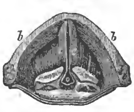
---

cal? Cuándo hai acorde perfecto? 806. Qué se llaman pulsaciones? 807. En qué consiste y cual es el uso del diapason? 808. Cuáles son las partes principales del

aire exhalado de los pulmones, las que producen los sonidos de la voz; haciendo las veces de una especie de caña membranosa. Por medio de músculos pequeños podemòs a voluntad estirar mas o menos tensamente las cuerdas vocales, y ensanchar o disminuir proporcionalmente la abertura. Así es como producimos las notas de distintos tonos; y para obtener un cambio de nota, no necesitamos mas que alargar $\frac{1}{1200}$ de una pulgada de largo las cuerdas vocales.

Fig. 276.





La causa original del sonido viene a estar en la glótis, y aunque las otras partes del aparato respiratorio ejercen una cierta influencia en la modificacion del tono, no tienen parte alguna en la produccion de los sonidos, o en determinar su intensidad. La fig. 276 representa la glótis bajo circunstancias diversas. El grabado de arriba la muestra en reposo: *b*, *b*, señalan la cima de la laringe, y *c*, *c*, las cuerdas vocales plegadas y flojas, de modo que al pasar el aire por ellas no causa sonido alguno. La otra lámina manifiesta la glótis en el acto de emitir un sonido musical, pues las cuerdas vocales estan ahora tensas, y seran vibradas por el aire respirado por entre ellas. *o* indica aquí el pasaje que conduce a la tráquea, y que permanece abierto, por mas que se cierren entre sí las cuerdas.

809. *Extension de la voz humana.*—La extension de la voz humana, en el habla, varia mui poco, y está generalmente limitada a la mitad de una octava. El alcance o elevacion total de la voz de un individuo llega rara vez a tres octavas, mas poniendo juntas la voz varonil y la femenil pueden alcanzar a cuatro.—Se clasifican las voces conforme al limite extremo de su *registro*, procediendo del mas alto al mas bajo en la escala, de la manera siguiente: soprano, contralto, tenor y bajo. El soprano y el contralto se encuentran mui rara vez, sino es en las mujeres y niños; el tenor y el bajo son voces de varon. Hai otros grados intermedios, como el mezzo-soprano, entre el contralto y el soprano, y el baritono entre el tenor y el bajo.

810. *Ventriloquia, tartamudeo,* etc.—Despues de muchos estudios, se supone que la ventriloquia consiste principalmente en el uso de los sonidos inspiratorios; aunque esto tiene lugar solo hasta cierto grado. El arte del ventrilocuo depende mucho de la finura del oido y la flexibilidad del órgano, por medio del cual se modulan los tonos a la posicion y rol de la persona que se supone hablar. El artista siempre previene a su auditorio

---

órgano vocal? Explicad su organizacion. Mostrad como se produce el sonido por la fig. 276. 809. Cuál es la extension de alcance de la voz humana? Cómo se la clasifica?

lo que va hacer; y emplea tambien otros modos para dar realce a la decepcion, como el ocultar la cara para que no se observe el juego de los órganos; y muchas veces hablando con notas expiratorias, el aire expelido por una expiracion se distribuye sobre un largo espacio de tiempo y un número considerable de notas.

El tartamudeo resulta de que los varios órganos del habla no juegan en sucesion normal, y son interrumpidos continuamente por impulsos convulsivos y ajustes mal hechos en el organismo. La causa de esto está casi siempre en el aparato nervioso que preside los órganos vocales. El remedio mas eficaz de este defecto, es estudiar con cuidado la articulacion de las letras difíciles, y ejercitar su pronunciacion repetida y lentamente.

En las personas sordas y mudas los órganos vocales no tienen defecto alguno originario; y la verdadera causa de su mudez está en su incapacidad para percibir sonidos. Esta imposibilidad de apreciar los diversos sonidos, y de adquirir por este medio gradualmente la facultad de ajustar propiamente los órganos del habla, es la razon principal de que esta enfermedad vaya siempre asociada a la primera.

811. Produccion de sonidos en los animales inferiores.—*Mamíferos.* La voz es comun a todos los mamíferos, mas el habla, o articulacion de los sonidos vocales, es un privilegio peculiar al hombre. Los sonidos producidos por los diferentes animales son peculiares a la clase a que pertenecen; y así el caballo relincha, el perro ladra, el gato maulla, etc. Estas varias modificaciones dependen de la estructura peculiar de la laringe, pero mas todavia de la forma y dimensiones de las cavidades nasales y otras, por las cuales pasa el aire vibrador.

El gato se distingue de los otros mamíferos por el desarrollo casi igual de las cuerdas vocales superiores e inferiores. Muchas de sus notas son casi humanas. El caballo y el asno estan provistos de solo dos cuerdas vocales.—Los animales que aullan y se oyen a gran distancia tienen generalmente largos ventrículos laringeales.

812. *Las aves* estan provistas de dos laringes, una superior y otra inferior, que sirven al mismo tiempo para la entrada y salida del aire, y para los objetos de la vocalizacion. La laringe superior, que corresponde a la laringe de los mamíferos, es la única que puede considerarse como accesoria a la voz. La laringe inferior es la verdadera laringe, y está colocada en la parte mas baja de la tráquea, donde se ramifica. Las aves que no tienen esta, carecen de voz. La voz de las aves, lo mismo que la de los mamíferos, es producida por las vibraciones de las cuerdas de la glótis.

813. *Los insectos* producen en general sonidos agudos mui notables. Es-

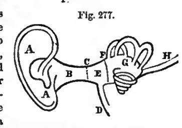
---

810. Cómo se explica la ventriloquia? De qué proviene el tartamudeo? De qué proviene la incapacidad de hablar en los sordos mudos? 811. De qué resultan los sonidos en los animales mamíferos? 812. De qué en las aves? 813. Cómo causan el

tos sonidos son causados de muchas maneras; algúnos por la percusion, y otros por el roce de los órganos o cuernos exteriores, como sucede en la langosta. Hai otros, como los mosquitos, que con la continua ajitacion de sus alas, forman el sonido.—Muchos insectos producen el sonido por la accion de algunos de sus órganos sobre los cuerpos de alrededor; y tal es el caso con todos aquellos que roen la madera.

814. El oído humano.—El órgano del oído humano se compone de tres partes: el oído externo, el oído medio o tímpano, y el oído interno o laberinto. En el dibujo anexo se distinguen estas partes y su enlace respectivo.

Fig. 277.



A A es el *oído externo*, cnya accion es parecida a la de nna trompeta, que recoje las ondas sonoras y las refleja por el tubo o canal auditorio, B, a la membrana C, llamada la *membrana timpánica*. E es el *tímpano* o *tambor*, limitado de un lado por la membrana C, y del otro por la membrana F; y está llena del aire que recibe por el tubo D, que se comunica con la boca. G representa el *oído interior*, que contiene una cantidad de guias o canales, y está lleno de un liquido sobre el cual flota el nervio acústico.

815. *Teoria de las funciones de las partes auditorias.*—La explicacion comun que se da de las funciones de las partes del oido, es como sigue: Las ondas del sonido al pasar por el oido externo, son recojidas y gniadas por este al eanal auditorio, y van a herir la membrana timpánica, que es puesta en vibracion. La cadena de huesos que ligan la membrana timpánica con la membrana oval, participa de esta vibracion y la trasmite a traves de la cavidad timpánica. Bajo el impulso así comunicado a esta, la membrana oval, o el tambor, vibra y con ella el liquido en el oido interno, o laberinto, y afectados entonces los filamentos del nervio auditorio, el sonido es trasmitido al cerebro.—Esta explicacion es, con todo, mui imperfecta, pues no señala el uso de muchas partes complicadas del oido, ni explica la manera en que este órgano presenta al espiritu las varias relaciones del sonido.

816. *Organos auditorios de los animales inferiores.*—Los zoófitos parecen carecer del sentido del oído, y no se ha descnbierto nn aparato auditorio especial en los insectos, aunque no indican ser del todo insensible al sonido. El órgano de la molusca es un saco lleno de liquido, en el cual estan difundidas las fibritas del nervio acústico, junto con nn cuerpecillo hnesoso encerrado en un saco de agua. Estos animales distinguen solo nn sonido del otro, y esto imperfectamente y no perciben las notas musicales. Correspondiendo el órgano del oído, se presume, a las canales semi-circulares, va com-

sonido los insectos? 814. De qué partes está compuesto el órgano del oído? Demostrad su organismo por medio de la fig. 277. 815. Cuál es la teoria de las funciones de las diversas partes auditorias? Es satisfactoria esta teoria? 816. Cómo está constituido el órgano auditorio en los diversos órdenes de animales?

plicándose mas, a medida que ascendemos en la escala de los seres animados. En los lagartos y las serpientes escamadas, el oido comienza con la membrana timpánica; y lleva añadida una cóclea cónica. Pasando mas adelante, el aparato está mas desenvuelto; y aparecen la cavidad timpánica, el trompo de Enstaquio, cadena de huesos, etc. En los pájaros ocurre una mejora mui perceptible, y todos los tubos aéreos de los mamíferos tienen oidos externos, hasta que llegamos al hombre, que posee un desarrollo completo de todas las partes auditorias.

EJERCICIOS.

1. (*Véase* § 771.) Estando perfectamente tranquilo el aire y de una densidad uniforme, ¿qué comparacion habrá en el sonido causado por el estampido de un fusil oido por una persona a 50 pies de distancia y otra a 250 pies?
2. Si se oye un cañon a un cuarto de milla distante con cierto grado de ruido; ¿a qué distancia necesita mudarse una persona para oirlo solo $^1/_{100}$ de su primera intensidad?
3. (*Véase* § 777.) ¿Cuánto anda el sonido por el aire en 10 segundos? cuánto en 20? cuánto en un minuto?
4. ¿Cuánto mas ligero anda el sonido producido por la descarga de un cañon, que otro causado por el chasquido de un látigo?
5. (*Véase* § 778.) Diviso la llamarada de un cañon dos segundos antes de oir su estampido, ¿a qué distancia se hallará?
6. Un ruido del trueno no es oido sino cuatro segundos despues que se ha visto el relámpago, ¿a qué distancia se encontrará la nube que lo produce?
7. Si la nube tronadora dista una milla, ¿cuántos segundos trascurriran entre el relámpago y el trueno?
8. (*Véase* § 779.) ¿Cuántos pies andará el sonido por el agua en 10 segundos? cuántos por el hierro? cuántos por la madera?

CAPÍTULO XVI.

ELECTRICIDAD.

Origen y naturaleza de la electricidad.

817. Definiciones.—La *electricidad* es un agente físico, etéreo e imponderable, que en una u otra forma afecta nuestros sentidos. Su presencia se manifiesta de un modo mui distinto a todas las otras influencias etéreas; y en cuanto se ha podido averiguar hasta ahora, parece extenderse a la naturaleza entera, y está probablemente ligada de un modo inseparable con la materia en todas sus formas. Los cuerpos no dan muestra de su existencia en el estado natural, y es preciso que sea promovida por diferentes medios; y de aquí se la divide en *electricidad estática*, en que supone aquella condicion de reposo en que este sutil éter existe en todos los cuerpos; y *electricidad dinámica*, o en estado de movimiento causado por la ajitacion consiguiente al frotamiento, la accion química, etc.

818. *Atraccion eléctrica.*—Si se frota un tubo de vidrio seco o una barrita de lacre con un pedazo de franela, de paño o de piel de gato, y despues se le pone en proximidad a unas tiras de seda o algodon, hojas métalicas, plumas, etc., atraerá inmediatamente a estas, y cuando se han adherido por un instante a su superficie son repelidas de nuevo. Se percibe entonces un olor singular, y si se aplica el lacre o vidrio a la cara, se siente algo parecido al roce de una tela de araña. Si se pone en contacto el mismo vidrio o lacre con un cuerpo metálico en una pieza oscura, saldrá una chispa del metal acompañada de un sonido chillador. Tal es el fenómeno eléctrico desarrollado por el frotamiento, diciéndose que está *electrizado* el cuerpo que lo produce. La atraccion ejercida por el cuerpo electrizado sobre las sustancias ligeras, se llama *atraccion eléctrica.* La sustancia por cuyo frotamiento es excitada la electricidad, se denomina el *frotador.*

819. La electricidad entre los antiguos y modernos.—El término electricidad proviene del griego *elec-*

---

817. Qué es la electricidad, y en qué se la divide? 818. Cómo se efectua la atraccion eléctrica en sus mas sencillos fenómenos? 819. Fué conocida la electricidad

tron, que significa succino, o ámbar amarillo, porque esta es la sustancia en que se observó primero. Ya 600 años ántes de la era cristiana habia observado Tháles la propiedad que posee el ámbar frotado de atraer los cuerpos ligeros. Teofrasto y Plinio hablan mas tarde de ella, y el segundo dice: "Cuando el frotamiento le ha dado calor y vida (al ámbar), atrae las pajitas, así como el iman atrae el hierro." Tanto Plinio como Aristóteles conocieron tambien la propiedad eléctrica del torpedo; y se refiere que un liberto del Emperador Tiberio se curó de la gota con los choques eléctricos. Con todo, los antiguos no conocieron mas que estos pocos casos aislados, y la *electridad* no ha comenzado a existir como ciencia hasta principios del siglo diezisiete.

Acia este época, Gilbert, médico de la reina Isabel de Inglaterra, volvió a llamar la atencion de los físicos sobre las propiedades del ámbar amarillo, demostrando que muchas otras sustancias pueden adquirir tambien esta propiedad atractiva por el frotamiento. Dado ya el impulso se sucedieron los descubrimientos tan rápidos como primorosos de Otto de Guericke, Dufay, Franklin, Coulomb, Volta, Davy, Oersted, Ampere, la Rive, Faraday, Becquerel y otros.

820. Naturaleza de la electricidad.—A pesar de los muchos estudios y adelantos hechos ultimamente sobre la electricidad, no conocemos ni el orígen ni la naturaleza de este ajente. Para explicar estos se ven obligados los físicos a recurrir a las hipótesis. Newton creia que la produccion de la electricidad era el resultado de un principio etéreo, puesto en movimiento por las vibraciones de las partículas de los cuerpos, y hasta ahora se conserva por esto la expresion generalmente adoptada de *flúido eléctrico*. Vamos a exponer brevemente las otras tres teorías mas prominentes sobre la electricidad de Dufay, Franklin y Faraday.

La teoría de Dufay, un filósofo frances, supone que hai dos flúidos eléctricos distintos, que él llama el *vítreo* y el *resinoso*, cada uno de los cuales atrae el

---

entre los antiguos? Quiénes han avanzado mucho esta ciencia en los tiempos modernos? 820. Se conoce la naturaleza de la electricidad? Qué teorías mas notables

otro, aunque haya repulsion entre sus propias particulas. Estos flúidos, en su estado natural, ocupan todos los cuerpos en cantidades iguales, y combinados se destruyen entre si; y solo cuando este flúido compuesto y en reposo es descompuesto por el rozamiento, o cualquiera otra agencia, se manifiesta el fenómeno cléctrico.

Teoria de Franklin.—El Dr. Franklin creia no haber sino un solo flúido eléctrico, de que todo cuerpo está poseido naturalmente en cierta cantidad. No hai pruebas evidentes de la existencia de este flúido en un cuerpo, mientras este retenga la cantidad que le es propia; pero si ésta es reducida o aumentada, entonces se hace manifiesto el fenómeno, y el cuerpo se dice estar *electrizado.* Estando colgado un cuerpo demuestra el mismo fenómeno que se observa en el vidrio frotado por una franela, y a este estado de condicion eléctrica Franklin denominó *positivo;* cuando se priva a aquel de una porcion del flúido natural, el fenómeno que resulta es igual al producido por una sustancia resinosa, y el estado eléctrico toma el nombre de *negativo.* Si se establece la comunicacion entre un cuerpo positivo y negativo, el primero divide su electricidad superflua con el segundo, hasta que hai equilibrio entre ellos. Dufay distinguia las dos electricidades conforme a la cualidad; y Franklin segun su cantidad. La teoria de este último prevaleció una vez mui generalmente entre los hombres científicos; pero hoi no es ya admitida.

En *la hipótesis de Faraday,* la electricidad es simplemente una condicion de la materia. En su opinion, un cuerpo electrizado no contiene flúido alguno, sino que está dotado meramente de una cierta propiedad que no posee bajo otras circunstancias.

821. Manantiales de electricidad.—La electricidad es desarrollada principalmente—1°. por el frotamiento de sustancias secas, como él del vidrio por la piel de gato o seda, y él del azufre o resina por la lana: esta es la electricidad estática u ordinaria, la de la atmósfera y máquinas eléctricas; 2°. por la accion química o contacto de sustancias desemejantes, bajo circunstancias favorables al cambio químico; 3°. por el magnetismo, produciendo el magneto-electricidad; y 4°. por el calor, o termo-electricidad.

Electricidad desarrollada por el frotamiento.

822. El frotamiento es el manantial mas comun de electricidad. Todos han notado que el pelo hace una especie de ruido al peinársele en un tiempo frio. El mismo sonido es perceptible al pasar la mano por el lomo de un gato, y

existen a este respecto? Explicad las hipótesis de Dufay, Franklin y Faraday. 821. Cuántos y cuáles son los manantiales de la electricidad? 822. Citad algunos

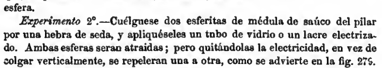
si esto ocurre en un recinto oscuro, saltarán chispas de su piel.

Un ejemplo mui notable de este fenómeno, se observa a menudo en las fabricas, cuando las correas o bandas interminables de coneccion desarrollan la electricidad en tanta abundancia, por su frotamiento con las ruedas por donde pasan, que despiden a veces chispas a dos y tres pies de distancia. En los departamentos para cardar de las fábricas de tejidos de algodon, las fibras de este material permanecen flotando de aquí para allá en el airę, por efecto de atracciones y repulsiones alternativas, habiendo necesidad de introducir en ellos de tiempo en tiempo el vapor para disipar el flúido eléctrico.

823. Atraccion y repulsion eléctricas.—Hemos notado ya la atraccion y repulsion alternadas de las tiras de papel, de algodon y otras sustancias semejantes, causadas por la electricidad. Estos fenómenos pueden estudiarse y comprenderse mejor con el aparato representado en la fig. 278, que consiste de un pilar con el pie de vidrio, al cual hai suspendida una esferita de médula de saúco por medio de una larga hebra de seda. Se le conoce como el *péndulo eléctrico*, y es la forma mas sencilla del *electróscopo*, de que hablarémos mas tarde.

Fig. 278.

Experimento 1°.—Frotad con una franela un tubo de vidrio, y acercadlo a la esferita de saúco; esta será atraida instantaneamente acia el tubo. Despues de estar un instante en contacto, la esfera será repelida. Si por segunda vez acercamos el tubo, la esfera, en vez de ser atraida, será repelida. Tóquese la esfera en seguida con el dedo para quitarle la electricidad que ha recibido del tubo, y repítase entonces el experimento con una barrita de lacre electrizada, y ocurrirá el mismo fenómeno, esto es, que la esfera será atraida al principio, mas a la segunda aproximacion será repelida. Sacamos de aquí:—1°. que el vidrio y el lacre atraen la esfera antes de que le hayan comunicado parte alguna de su electricidad; y 2°. que, despues de verificado esto, ambos repelen la esfera.

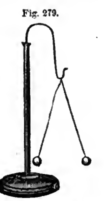


Experimento 2°.—Cuélguese dos esferitas de médula de saúco del pilar por una hebra de seda, y apliquéseles un tubo de vidrio o un lacre electrizado. Ambas esferas seran atraidas; pero quitándolas la electricidad, en vez de colgar verticalmente, se repeleran una a otra, como se advierte en la fig. 279.

ejemplos de electricidad por el frotamiento. 823. Cómo se demuestra la atraccion y repulsion eléctricas por medio del péndulo eléctrico? Mostrad los diversos experi-

Experimento 3°.—Electrízese el tubo de vidrio y póngasele cerca de la esfera representada en la fig. 278; retirésela a los dos o menos minutos, y acerquésele entonces el lacre tambien electrizado: la esfera será aquí atraida en vez de rechazada. Repítase el experimento a la inversa, presentándole primero el lacre y despues el vidrio electrizados, y se hallará que este último atrae igualmente la esferita dicha.

Fig. 279.



824. *Electricidad positiva y negativa.*—Se ha deducido como consecuencia de estos experimentos que hai dos especies de electricidad: una producida por el vidrio, que se llama *vítrea* o *positiva*, y otra causada por el lacre, y que se la denomina por esto *resinosa* o *negativa*. Admitida esta distincion como resultado de los efectos de la atraccion y repulsion de los cuerpos electrizados unos sobre otros, se ha emitido la siguiente lei, que sirve de base a la teoría de todos los fenómenos de la electricidad estática:—*Dos cuerpos cargados de la misma electricidad se repelen, y de electricidad contraria se atraen.*

825. *Razon de esta distincion.*—Desígnase los dos flúidos eléctricos con las calificaciones antes dichas, no porque se sepa la razon de esta diferencia, sino mas bien como un medio conveniente de explicar estos fenómenos; así como se ha adoptado la denominacion de *flúido* para las causas del calórico, de la luz, del magnetismo y de la electricidad, aunque en realidad no se conoce positivamente su naturaleza ni que flúido viene a ser. No hai lei alguna por la cual podamos determinar, ántes de experimentarlo, que especie de electricidad exhibirá este o tal cuerpo. En efecto, un mismo cuerpo manifiesta diferentes especies de electricidad, segun la sustancia con que es frotado. Así, un vidrio pulimentado que se frota con una franela, es electrizado de un modo positivo, pero si es frotado sobre la piel o lomo de un gato produce la electricidad negativa. Un vidrio mate es cargado de electricidad negativa, cuando se le frota con

mentos que se pueden hacer con él, y los hechos que resultan. 824. Qué son electricidad positiva y negativa? Cuál es lei general de la atraccion y repulsion eléctricas? 825. Es esta una distincion real o convencional? 826. Donde existe la electricidad

una franela, y de positiva cuando se le electriza con un ule de seda seco.

826. *La electricidad marcha a la superficie de los cuerpos* y no se extiende al interior de ellos. En un cuerpo aislado que se electriza positiva o negativamente, el flúido eléctrico se dirige a la superficie de él, donde forma una capa mui ténue. Una esfera hueca puede por esto contener tanta electricidad como una maciza del mismo tamaño. Esto está demostrado incontestablemente por varios y repetidos experimentos.

Citarémos aquí solo una de estas pruebas.—Sobre una esfera de cobre, aislada por un pie de vidrio, se aplican dos hemisferios huecos, tambien de cobre, y del mismo diámetro que ella, y que puedan cubrirla exactamente y separarse a voluntad por medio de mangos de vidrio. Electrizada la esfera, se aplican encima los dos hemisferios que se tienen cogidos por los mangos de vidrio, y luego se los retira a un tiempo bruscamente. Obsérvase que quedan ambos electrizados, pero que no conserva huella alguna de electricidad la esfera, de manera que todo el flúido se encontraba en la superficie, supuesto que se lo llevaron por completo las dos cubiertas.

827. *Lei de la electrizacion por el frotamiento.*—Cuando se frotan entre si dos cuerpos de cualquiera naturaleza, se descompone el flúido neutro de cada uno de ellos, y siempre toma el *uno el flúido positivo y el otro el negativo.*

Para demostrar esta lei, no hai mas que comunicar al péndulo eléctrico una electricidad conocida, y se le presentan por separado los dos cuerpos frotados: el uno atrae la esfera de médula de saúco y el otro la repele, lo cual demuestra que estan cargados de electricidad contraria. Y lo estan así mismo en cantidad igual, porque preséntanlos al péndulo mientras se hallan en contacto, no hai atraccion ni repulsion, pues se equilibran las electricidades. Se hacen de ordinario estos experimentos con dos discos de vidrio frotados entre sí y separados bruscamente.

828. *Cuerpos eléctricos y no-eléctricos.*—Todos los cuerpos son susceptible de electrizacion, pero no en igual grado. Aquellos mas fáciles para cargarse de electricidad se llaman *eléctricos;* y los que se resisten mas a esta operacion se dicen ser *no-eléctricos.* Los metales son generalmente no-eléctricos.

---

de los cuerpos? Cómo se demuestra que está en las superficies? 827. Puede haber electricidad positiva sin la negativa, o vice-versa? Cómo se demuestra la lei de electrizacion por frotamiento? 828. Qué son cuerpos eléctricos y no-eléctricos? 839. Qué

829. Conduccion de la electricidad.—Si tocamos con una varilla de vidrio las dos esferas de saúco del péndulo eléctrico (fig. 279), que se repelen entre sí por estar cargadas de la misma electricidad, continuarán repeliéndose una a otra; pero tocándolas con una varilla metálica, caerán, quedando suspendidas verticalmente. La razon de esto está en que el vidrio no quita su electricidad, y el metal sí. Luego, hai sustancias que conducen y otras que no conducen la electricidad.—Las que trasmiten libremente la electricidad, se llaman *cuerpos conductores;* y aquellas que no tienen esta propiedad, y reciben y se deshacen de la electricidad lentamente, son *cuerpos no-conductores.*

Por regla general, los cuerpos no-eléctricos son buenos conductores, y los eléctricos malos conductores. Los mejores condnctores son los metales, la antrácita, la plombagina, el cobre, el carbon de leña bien calcinado, las piritas y la galena; siguiendo luego las disolnciones salinas, cuyo poder condnctor es muchos miles de veces menor que el de los metales, el agua en los estados de vapor y líquido, el cnerpo hnmano, los vegetales y todos los cuerpos húmedos. Los cuerpos malos conductores son: el azufre, la resina, la goma laca, la guta-percha, la seda, el vidrio, las piedras preciosas, el carbon no calcinado, los aceites, y los gases secos; pero el aire y los gases son tanto menos aisladores, cuanto mas húmedos estan. Por lo demas el grado de conductibilidad de los cuerpos no depende tan solo de la sustancia que los forma, sino tambien de sn temperatura y estado físico. Por ejemplo, el vidrio que es mui mal conductor a la temperatura ordinaria, es buen conductor al rojo; de igual manera la goma laca y el azufre pierden en parte la propiedad de aislar cuando se los calienta; y el agua que conduce mui bien en el estado liquido, es mala conductora en el de bielo. El vidrio pnlverizado y la flor de azufre conducen mui bien.

830. Aisladores.—Los cuerpos malos conductores se llaman tambien *aisladores*, porque aislan los cuerpos electrizados, es decir, que cortan toda comunicacion con aquellos objetos que puedan quitarle la electricidad. La tierra es un gran receptáculo, o *depósito comun*, en el cual va a parar toda electricidad, y se la considera por este como un buen conductor. El aire es un mal conductor, y sirve para aislar la tierra en una capa no-conductora, mas o menos perfecta, segun su densidad y la ausencia de vapores acuosos.

---

son cuerpos conductores y no-conductores? Qué sustancias son buenas conductoras y cuales malas conductoras? 830. Qué son aisladores? La tierra y el aire son bue-

En virtud de esta capacidad aisladora retiene su electricidad una sustancia, que de otra manera no podria electrizarse. Los malos conductores son empleados para pies o puntos de apoyo, cuando se desea que se conserve la electricidad en un conductor; y el cuerpo aislado que se mantiene electrizado de esta manera, se dice estar *cargado*. En el experimento del péndulo eléctrico, la esfera de saúco está aislada por el hilo de seda; y si en vez de este se hubiera puesto un alambre, que es un buen conductor, la electricidad hubiera desaparecido por su medio, tan pronto como hubiese sido recibida.

Aun estando aislado un cuerpo, siempre se desprenderá de una parte de su electricidad, porque no puede haber aislamiento perfecto. Cuando el aire está húmedo adquiere un poder conductor, que hace imposible el conservar un cuerpo electrizado por algun tiempo; mientras que cuerpos electrizados y bien aislados, se conservan por meses en este estado en una atmósfera seca.

831. *Tension eléctrica* es un término empleado para expresar aquella condicion de los cuerpos en que la electricidad es libre, a diferencia de la otra opuesta en que se hallan en reposo eléctrico.

Esta condicion se explica bien claro por el fenómeno de la *botella de Leyden*, que vamos a ver mas adelante, donde se descubre un perfecto equilibrio entre la electrizacion de las superficies exteriores e internas, a causa de su antagonismo. La energía con que se reunen las electricidades descompuestas, cuando se establece una comunicacion entre ellas, indica el estado de tension en que existen. Se parece esta al estancamiento de un arroyo, en que se obtiene el equilibrio por una reaccion igual a la fuerza compresora. La tension eléctrica es, pues, una condicion del equilibrio forzado, y cuando se reunen las electricidades libres a que se debe, se produce la *corriente eléctrica* por la reaccion de flúidos contrarios, a la manera de la accion mecánica de un arroyo contenido. Todos los cuerpos electrizados manifiestan una tension eléctrica; atraen los otros cuerpos, descomponiendo su electricidad natural, y apropiándose parte del flúido opuesto. Si este es insuficiente para satisfacer el antagonismo del cuerpo electrizado, los cuerpos son repelidos en seguida. De aquí nace que dos cuerpos igualmente electrizados, pero de nombres opuestos, se atraen entre sí, y de la reunion de los dos flúidos resulta la indiferencia eléctrica.

832. *Las corrientes eléctricas son momentaneas o permanentes.*—La primera ocurre cuando se forma entre sustancias electrizadas de un modo opuesto

---

nos conductores? Hai aisladores perfectos? 831. Qué se llama tension eléctrica? Cuándo se produce la corriente eléctrica? Qué antagonismo resulta de ella en los cuerpos electrizados? 832. Cuáles corrientes eléctricas son momentaneas y cuales

al frotamiento o de otra manera, y sus efectos son instantáneos o transeuntes. La electricidad permanente resulta solo de la accion sostenida de una sola causa; como la mocion continuada de una máquina eléctrica, o mas simplemente, de la accion química de sustancias desemejantes, como en la bateria voltáica, en que se mantiene una corriente eléctrica mientras existe una accion química.

833. PASO Y VELOCIDAD DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS. —Si se abren varios pasos conductores a la corriente eléctrica, seguirá siempre el mas corto, y aquel en que encuentre menos resistencia. Si la corriente es fuerte, y el conductor inadecuado o pequeño, su tránsito será marcado por una luz, y quizá por la combustion y destruccion del conductor. Por experimentos hechos por Wheatstone en un alambre de cobre, halló que la velocidad de la electricidad era de 288,000 millas por segundo, casi la mitad mas que la velocidad de la luz (§ 631).

Despues de un exámen atento de numerosas observaciones telegráficas, ejecutadas bajo la direccion de la Oficina Hidrográfica de Washington, el Dr. Gould dedujo que la velocidad de una corriente voltáica, haciendo la tierra parte del circuito, no excede de 16,000 millas por segundo, y se ha llegado a medir hasta 11,000 millas por segundo; demostrando con esto una gran fuerza retardante en un conductor de 1,500 millas de circuito.

Máquinas eléctricas.

834. Llámanse *máquinas eléctricas* a los aparatos que desarrollan por la frotacion una cantidad mas o menos abundante de electricidad estática. Ahora hai en uso dos especies de máquinas eléctricas, que llevan el nombre de *máquinas cilíndricas* y de *platillos circulares.*

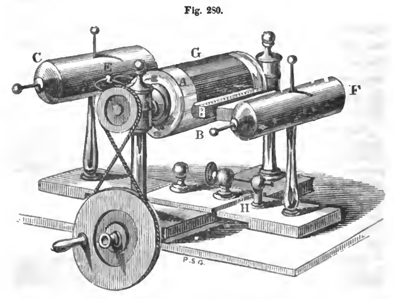
Los primeros experimentos sobre la electricidad fueron ejecutados al principio con un tubo de vidrio frotado con piel o lana. Al inventor de la bomba de aire, Otto Guericke, se debe tambien la primera máquina eléctrica para desarrollar abundantemente la electricidad. Consistia esta de un globo de azufre volteado por una cigüeña, y que se sometia al frotamiento de la mano. Newton sustituyó un globo de vidrio en vez del de azufre. Acia la mitad del siglo décimo octavo, se hicieron otras dos mejoras, introduciendo el uso de un frotador en lugar de la mano, y por la adicion de un conductor metálico.

---

permanentes? 833. Por qué conductores pasa con preferencia la corriente eléctrica, y cual es la velocidad de su marcha? Qué experimentos se ha hecho a este respecto? 834. Qué son máquinas eléctricas, y de cuantas especies son? Cuáles fueron las pri-

835. *La máquina cilíndrica.*—En la máquina cilíndrica representada por la fig. 280, la electricidad es desarrollada por el frotamiento sobre un cilindro de vidrio, generalmente de 8 a 12 pulgadas de diámetro, sostenido sobre dos bastidores de madera reseca, y que se hace girar por un par de ruedas, como se ve en el dibujo, o por una simple cigüeña fija a un extremo del cilindro, como se usa mas comunmente.

Fig. 280.



A señala el cilindro. B es el frotador, una almohadilla rellena de crin para que cargue igualmente contra todas las partes del cilindro giratorio. La intensidad de la presion se regula por una tabla movible, H, que se retira o acerca al cilindro por medio de un tornillo. En relacion y detras del frotador está el *conductor negativo*, F, un cilindro metálico hueco con cabos redondos, aislado por un pilar de vidrio. En el lado opuesto se encuentra otro cilindro metálico semejante, C, aislado de la misma manera, y llamado el *conductor primo*. Anexo a este hai una vara con una hilera de puntas metálicas, E, que se avanzan acia el cilindro y hasta mui cerca de él. Varios orificios de diferentes tamaños hai hechos en la superficie superior del conductor primo, para poder insertar en ellos las piezas de otros aparatos de experimentar. Para impedir que la electricidad se escape en el aire, ántes de que

---

meras máquinas eléctricas empleadas? 835. Cómo está construida la máquina cilíndrica? Describid su composicion por la fig. 280. 836. Mostrad como se la trabaja, y

llegue al conductor primo, se pone una faldilla, G, que se extiende del filo superior del frotador, y a traves del tope del cilindro, hasta a una pulgada de las puntas metálicas.

836. *Observaciones.*—Para poner en juego esta máquina, debe limpiarse y secarse escrupulosamente todas sus piezas. El frotador se unta con una capa ligera de amalgama mantecosa. El tornillo debe ajustarse de modo que el frotador cargue con alguna fuerza sobre el vidrio, y el conductor primo ha de colocarse en situacion de que ponga las puntas metálicas como a un octavo de pulgada del cilindro. Si es electricidad positiva al que se necesita, el conductor negativo debe estar en contacto con la tierra por una cadena metálica. Hecho todo esto se manipula la cigüeña, y la electricidad natural existente en el frotador se descompondrá, siguiendo la parte positiva el curso del vidrio en revolucion. Al llegar a las puntas metálicas, la electricidad neutra presente en el conductor primo se descompone; el elemento negativo es atraido por el flúido positivo del cilindro, y corre a unirse con él por las puntas metálicas, mientras la parte positiva es repelida a la superficie encontrada del conductor. El flúido negativo recibido del conductor primo neutraliza el flúido positivo del cilindro; pero al llegar al frotador (que en el entretanto ha recibido una cantidad de la tierra por medio de la cadena conductora), se repite el procedimiento. El conductor primo no recibe así ninguna electricidad positiva del cilindro, mas es hecho altamente positivo con el escape de su propio flúido negativo.

Si se trata de producir la electricidad negativa, la cadena que une la máquina con la tierra es atada al conductor primo en vez del conductor negativo, y de este se saca la electricidad requerida.—Siendo el agua un buen conductor, se disipará la electricidad tan pronto casi como se desarrolla, por la humedad del aire. Esto puede evitarse con colocar bajo el cilindro una pequeña caja que contenga una barra de hierro en ascuas; pues la radiacion del calor de este, mantiene seco todo el alrededor de la máquina.

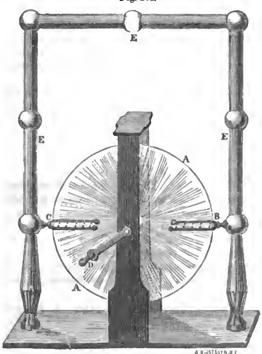
837. La amalgama antes aludida, para facilitar la produccion de una abundante electricidad, se compone ordinariamente de cuatro partes de mercurio, ocho de zinc, y dos de estaño. Se derrite primero el zinc, y luego se le pone el estaño; se revuelve la mezcla, y se la vacia, no mui caliente, en una caja de madera cubierta interiormente con tiza, y en la que se ha vaciado antes el mercurio caliente. Entonces se le pone la tapa a la caja, y se la sacude violentamente, hasta que haya enfriado la amalgama y se encuentra un polvo menudo. Entonces se la mezcla con manteca en un mortero, y se aplica como un ungüento.

838. *La máquina de platillo.*—En esta clase de máquinas se emplea un platillo circular de vidrio en vez del cilindro; y con ellas se ha obtenido mejores resultados, en cuanto a producir una fuerte electricidad. Con láminas de vidrio de seis a siete pies de diámetro, se ha sacado una

como se produce con ella la electricidad positiva y negativa. 837. Cómo se prepara la amalgama para aumentar la electricidad? 838. En qué consiste la máquina de plati-

chispa eléctrica tan intensa que basta casi a derribar por tierra un hombre. Talvez el aparato mas grande, por este plan, que se conozca, es el hecho por Ritchie, de Boston, para la Universidad del Estado de Mississippí; contiene dos platillos de vidrio frances, de seis pies en diámetro cada uno, que estan sostenidos por un eje de acero aislado sobre un bastidor con ocho pies de vidrio tallado. Los platillos son electrizados por cuatro pares de frotadores de metal amarillo, y forrados con un fieltro de lana fina de tres octavos de una pulgada de grueso, como el que se usa para los apagadores de un piano grande. Estos estan cubiertos todavia con una seda firme de la India, sobre la cual se desparrama la amalgama. Una sola revolucion de esta máquina causa una chispa, que basta para llenar una habitacion de un intenso olor de ózona.

Fig. 281.



La fig. 281 representa la máquina de platillo en una de sus formas mas convenientes y ventajosas. A A es el platillo sostenido sobre un eje entre dos pilares, y volteado por un manubrio, D. El platillo pasa ajustado por entre dos pares de frotadores elásticos, fijos en la parte de adentro de los pilares. E E E es el conductor, que se compone de tres largos tubos unidos en ángulos rectos, y grandes esferas o cabezas a intervalos. Acia el centro y en frente del platillo, salen dos brazos de metal amarillo, B, C,

llo, y cúal es la mas grande y notable que se haya hecho? Describid la máquina di-

provistos de hileras de dientes. Haciéndose girar el platillo por medio del manubrio, D, se obtiene el mismo resultado que en el caso de la máquina de cilindro.

La forma primitiva de esta máquina fué inventada por Ramsden, de Londres, en 1776; pero solo daba la electricidad positiva. Mas tarde la modificó Von Marum, añadiéndole la electricidad negativa; y hoi se las fábrica de un modo mui sencillo y que satisface todas las condiciones necesarias.

Diversos experimentos con la máquina eléctrica.

839. Chispas, banquillo aislador.—Uno de los primeros fenómenos que se observan cuando se experimenta con una máquina eléctrica, es la viva chispa que se saca de los conductores al aproximar la mano, y que se llama la *chispa eléctrica.* Esta es causada por la influencia que ejerce el flúido positivo de la máquina sobre el flúido neutro de la mano. Descompuesto este, la atraccion entre el flúido positivo de la máquina y el negativo de la mano acaba por vencer la resistencia del aire, y llegado este momento se recomponen los dos flúidos con ruido y luz, apareciendo entonces la chispa eléctrica, instantánea y en zigzag, como el relámpago que precede al estampido del rayo. Esta chispa va acompañada de un pinchazo bastante intenso, sobre todo en las máquinas que son mui poderosas.

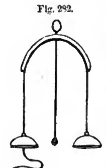
Manifiéstase este fenómeno de un modo mui sorprendente, cuando se hace saltar una chispa del cuerpo humano por medio del aparato denominado el *banquillo aislador.* Colócase al efecto una persona que se ha de electrizar sobre un taburete con pies de vidrio, y así aislada, pone la mano sobre uno de los conductores de la máquina eléctrica. Como el cuerpo humano es buen conductor de la electricidad, a medida que se carga la máquina se distribuye el flúido por el cuerpo de la persona aislada, al mismo tiempo que por los conductores, de suerte que, tocando dicha persona con la mano en la cara o en los vestidos, se sacan chispas cual de la propia máquina. Mientras no se acerca la mano a la persona aislada, no experimenta esta conmocion alguna por electrizada que esté; solo se erizan sus cabellos, si estos

bujada en la fig. 281. 839. Cómo se producen chispas eléctricas y por que causa?

estan bien secos, y se dirigen acia los cuerpos que se les presentan, notando ademas como un ligero soplo en las manos y la cara. Si la persona electrizada tiene en la mano una cuchara de plata con alcohol, otro individuo puede encender el espíritu con tocarle solo con el dedo, por efecto de la chispa eléctrica que se produce.

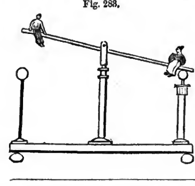
Se puede tambien electrizar a un individuo aislado sobre el banquillo de pies de vidrio, frotándolo con una piel de gato, pues atrae entonces al péndulo eléctrico, y se sacan de él chispas con la mano. Si la persona que frota se ha subido a otro banquillo aislador, se electrizan ambos experimentadores, pero el uno positiva y el otro negativamente.

Fig. 282.



840. *El campanario eléctrico.*—Este aparato (fig. 282) sirve para explicar los efectos de la atraccion y repulsion eléctricas. Se suspende dos campanitas de nna varilla arqueada con nn badajo en el intermedio. Una de estas campanas comnnica por su suspension del alambre con el conductor primo, y la otra, aislada por una hebra de seda, comunica con la tierra por la cadena abajo. Se pone en accion la máquina; y entonces una es cargada con electricidad positiva y la otra con negativa. El badajo, tambien aislado, será atraido acia la campana positiva, la tañe, y cargándose ella misma con el contacto, es repelido y va a tocar la campana negativa; su electricidad positiva desaparece con esto, y retrocede de nuevo para ser una y otra vez atraido y repelido. El badajo juega así entre las dos campanas, tañéndolas alternativamente.

Fig. 283.



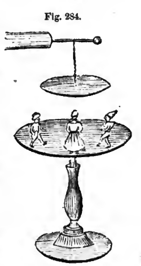
841. *El columpio eléctrico.*—El mismo principio se aplica a otro aparatito llamado el *columpio eléctrico* (fig. 283). Una vara de metal amarillo, con una figurita en cada extremo, se coloca a manera de cruzeta en nn pilar aislado, de modo que sus cabos pueden moverse libremente de arriba abajo. En uno y otro lado del aparato, a poco distancia de los extremos de la vara de balance, se encuentran dos esferas de metal amarillo, una descansando sobre nn pilar

---

Cómo se ejecuta el experimento del banquillo aislador? 840. En qué consiste el experimento del campanario eléctrico? 841. En qué él del columpio eléctrico?

de vidrio y la otra sobre una varilla metálica. La esfera aislada se comunica con la capa interior de una botella de Leyden (de que vamos a hablar pronto), y la otra con su capa exterior. Tan pronto como se carga la botella, la figura mas próxima a la esfera aislada es sucesivamente atraida y repelida, y esto hace balancear la vara de arriba abajo sucesivamente.

Fig. 284.



842. *Imágenes danzantes.*—Póngase sobre un platillo sostenido por algun conductor, varias figuritas livianas de corazon de saúco o de papel, y como tres o cuatro pulgadas encima se cuelga otro platillo por un conductor primo. Hágase operar la máquina eléctrica, y los figurines se alzarán a danzar, subiendo y bajando de un platillo a otro del modo mas grotesco y divertido, como se deduce de la fig. 284. Si se aisla el platillo de abajo, cuando las figuras han descendido a él, la electricidad positiva restante no puede escaparse, y cesa la dauza.

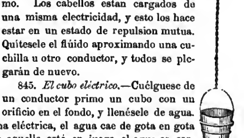
Fig. 285.



843. *Hilos divergentes.*—Veinte finas hebras de lino, ocho a diez pulgadas de largo, se atan a uno y otro extremo (fig. 285); y se las pone en un conductor primo. Haciendo jugar despues la máquina eléctrica, son todas electrizadas de la misma manera, con lo cual se repelen entre sí y adquieren una forma oval.

Fig. 286.





844. *La cabeza electrizada.*—Del mismo se erizan los cabellos de una cabeza, como se ve en la fig. 286, fijándola sobre un alambre que va a introducirse en uno de los agujeros del conductor primo. Los cabellos estan cargados de una misma electricidad, y esto los hace estar en un estado de repulsion mutua. Quítesele el flúido aproximando una cuchilla u otro conductor, y todos se plegarán de nuevo.

Fig. 287.

845. *El cubo eléctrico.*—Cuélguese de un conductor primo un cubo con un orificio en el fondo, y llenésele de agua. Antes de trabajar la máquina eléctrica, el agua cae de gota en gota por el orificio; pero así que aquella está en juego, el agua es car-

842. En qué él de las figuras danzantes? 843. En qué el de los hilos divergentes? 844. Cuál es el experimento de la cabeza electrizada? 845. Cuál él del cubo eléctrico?

gada de electricidad, y sale en chorros, que, en la oscuridad, pareciera fuesen de fuego. Esto es causado por la repulsion escitada en las partículas,por efecto de estar cargadas con una misma electricidad.

Acumulacion de electricidad.

846. ELECTRICIDAD DISIMULADA, CONDENSADOR.—Llámase *electricidad disimulada* o *latente* el estado de neutralizacion que ofrecen los dos flúidos eléctricos cuando, colocados el uno en presencia del otro, en la superficie de dos cuerpos conductores, estan separados por una lámina delgada no conductora. Cuando las electricidades estan situadas de esta manera, se dicen que estan latentes o disimuladas, esto es, paralizadas por sus atracciones mutuas.

Los aparatos en que se acumula así la electricidad, se llaman *condensadores*. Se conocen varios de estos, pero todos estan compuestos esencialmente de dos cuerpos conductores,que estan separados por otro que no lo es.

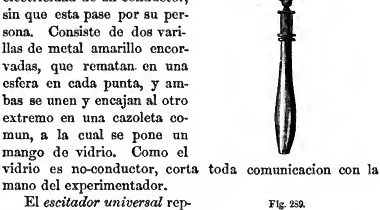
847. *El condensador de Æpinus.*—El condensador de Æpinns es el aparato que mejor sirve para aclarar estos fenómenos. Consta de dos platillos circulares de laton separados por una lámina de vidrio. Cada uno de los platillos lleva un pendulito eléctrico, y estan aislados sobre pies de vidrio que pueden correr por una ranura sobre la plancha de madera qne sostiene todo el aparato, a fin de acercarlos o alejarlos. Se acumnla la electricidad sobre los platillos, poniéndolos en contacto con la lámina de vidrio; y lnego por medio de cadenas metálicas, se hace comnnicar uno de los dos con la máquina eléctrica, y el otro con el suelo. Electrizado positivamente nn disco, toma una cantidad limitada de electricidad, qne la presencia del otro hace acumular; pues obrando el flúido a traves del vidrio, atrae el flúido negativo y repele al suelo el positivo. A su vez el flúido negativo del otro disco reacciona parcialmente sobre el positivo, y como la tension eléctrica de nn disco no eqnilibra la tension de la máqnina; resnlta qne esta da a un platillo una nneva cantidad de flúido positivo, el cnal obra a su vez sobre el otro, y así sucesivamente, Procúrase por este medio, en cada cara del condensador, una cantidad de electricidad proporcional a la tension del manantial y a la superficie de los platillos, pero que decrece con el espesor de la lámina de vidrio. Cuanto mas delgada sea esta, tanto mas se podrá anmentar la carga del condensador; con tal qne no sea demasiado delgada para que la tension de los dos flúidos no la rompa o agujeree.—Estando así cargado el condensador, se interrumpen las comunicaciones con la máquina eléctrica y con el suelo, quitando las dos cadenas metálicas.

---

846. Qué es electricidad disimnlada? Qué son los condensadores? 847. Cómo se ex-

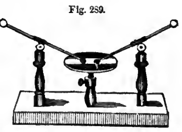
848. El escitador.—Este es un instrumento (fig. 288) con el cual puede un experimentador descargar la electricidad de un conductor, sin que esta pase por su persona. Consiste de dos varillas de metal amarillo encorvadas, que rematan en una esfera en cada punta, y ambas se unen y encajan al otro extremo en una cazoleta comun, a la cual se pone un mango de vidrio. Como el vidrio es no-conductor, corta toda comunicacion con la mano del experimentador.

Fig. 288.



El *escitador universal* representado en la fig. 289, es un instrumento para hacer pasar una carga de electricidad por cualquier sustancia. Este aparato consta de dos alambres montados sobre dos pilares aisladores, que se ligan respectivamente con el conductor positivo y negativo de una máquina eléctrica. La sustancia sobre que se va a operar, es colocada sobre un platillo, entre las dos esferas puestas a la extremidad de los alambres, viniendo así a ser parte del circuito eléctrico atravesado por el flúido cuando ocurre una descarga. Este simple aparato, inventado por Henley, es el mejor medio que se conozca para regular o medir la descarga de una bateria eléctrica.

Fig. 289.



849. La botella de Leyden.—La *botella de Leyden* es una vasija de vidrio que sirve para acumular la electricidad, y deriva su nombre de un lugar en Holanda donde fué em-

---

plica el fenómeno de la condensacion por el aparato de Æpinus? 848. Para que sirve y como está hecho el instrumento escitador? Cuál es el uso del escitador uni-

pleada e inventada primero, bajo circunstancias que despues darémos a conocer.


Fig. 290.

La botella comun de Leyden (fig. 290) consiste de un frasco de vidrio delgado, forrado interior y exteriormente con bojas de estaño, hasta cosa de tres pulgadas de la boca, y que toman el nombre de *armadura interior* y *armadura exterior*. Se la cierra con un corcho seco y barnizado, por el cual pasa un alambre que termina encima en un boton de metal amarillo, y por debajo en una cadena en contacto con la armadura interior. Si se pone el boton de esta botella como a media pulgada del conductor primo de una máquina eléctrica en accion, una série de chispas pasará al boton dicho. Luego despues cesan estas, y se dice entonces que la botella está cargada. La armadura interior comunicada con el boton está cargada de electricidad positiva y la exterior de la negativa, estando separadas por el vidrio no-conductor de por medio. Si una persona agarra con una mano la armadura de la botella, y con la otra toca el boton, sentirá una sensacion peculiar por efecto del *choque eléctrico*, en sus brazos, y aun en su pecho, si la botella es grande. Por otra parte, si aplica una esfera del escitador a la armadura exterior, y la otra al boton, la botella será descargada sin que el manipulador sufra sensacion alguna, pues el mango de vidrio corta toda comunicacion con él. La sustancia por la cual se va a bacer pasar la descarga debe formar parte del circuito entre la armadura interior y exterior de la botella, pues no puede haber union del flúido positivo y negativo sin haber pasado por ella.—A veces se acumula tanta electricidad en una botella, que esta se descarga por el vidrio, agujereándolo e inutilizándolo.

850. *Su invencion.*—La botella de Leyden debe su origen al holandes Musschenbroeck (aunque otros dicen que a su discipulo Cuneus), quien la descubrió por casualidad en 1746. Habiendo fijado una varilla metálica en el tapon de una botella llena de agua, la presentó a la máquina eléctrica con la idea de electrizar el liquido. La mano que sostenia la botella hacia veces de uno de los platillos del condensador, mientras el agua interior representaba el otro; y de consiguiente se acumuló flúido positivo en la pared interior, y negativo en la porcion de la exterior en contacto con la mano. En efecto, habiendo acercado una mano a la varilla metálica, mientras que con la otra sostenia la botella, recibió el citado filósofo una conmocion tan fuerte en los brazos y en el pecho, que poco despues escribia a Réaumur que no repitiria el experimento aun cuando le regalaran todo el reino de Francia. Von Kleist, dean de la Catedral de Comin, en Pomerania, tambien bizo el mismo descubrimiento por un accidente parecido.

Este becho causó una gran sensacion en todo el mundo científico, y los físicos en todas partes se apresuraron a repetirlo. El abate Nollet reemplazó

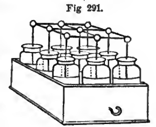
versal y que consta? 849. Qué es la botella de Leyden? Describidla. 850. Quién y en que circunstancias descubrió la botella de Leyden? Quiénes la perfeccionaron y

el agua de la botella por pedazos de papel de estaño, de cobre, de plata o de oro. Ya un físico ingles habia observado que, cubriendo el exterior de la botella con una lámina de estaño, eran mucho mas vivas las conmociones. La botella de Leyden fué tomando poco a poco la forma que hoi se le da; pero aun se ignoraba su teoría, hasta que Franklin la expuso, haciendo ver que la botella no era sino un verdadero condensador.

851. *Carga por cascada.*—Una série de dos o tres botellas de Leyden puede ser colocada horizontalmente sobre bancos aisladores, de modo que el interior de cada una vaya recibiendo sucesivamente la chispa de la armadura exterior de la que le precede. Mas esta manera de cargar no puede ser soportada por mas de tres frascos, pues la resistencia acumulada presto viciará el resultado de la operacion. Mr. Boggs, un físico de Londres, ha ideado con todo una batería eléctrica, en la que se cargan todas las botellas por junto, pero se descargan separadamente. Se dice que por este medio descargó su batería de doce botellas a un espacio de doce pies.

852. Batería eléctrica.—Estando la carga de la botella de Leyden en relacion directa con su superficie, los grandes frascos seran obviamente mas poderosos que los pequeños. Mas pronto llegamos a un cierto límite en tamaño, de que no es posible excederse a causa del grosor requerido en el vidrio y otras circunstancias. De aquí ha venido la idea de unir varias botellas de regular proporcion, comunicando sus armaduras interiores por varillas metálicas, y las exteriores por medio de una base conductora comun, como se advierte en la fig. 291. Tal es lo que se llama una *batería eléctrica*. Cuando se la carga de una fuente o máquina comun, y se la descarga del modo usual, todas las botellas actuan cual una sola, no obstante que su resultado no sea igual al número de frascos, aunque llega a bien cerca. Por esto, cuanto menor sea su número, y cuanto mas delgado el vidrio, y mas grande su tamaño, tanto mejor; y muchas baterías de siete y nueve frascos, unidas a las varillas de las botellas centrales, son preferibles a una mas larga série en fila. Se carga la batería, comunicando el interior con el conductor primo de una máquina

Fig 291.



explicaron? 851. Cómo se hace la carga por cascada? 852. Cuál es el uso de la batería eléctrica, y como se la constituye y hace obrar? 853. Cómo se clasifica los efec-

eléctrica, y el exterior con la tierra. Si la batería es grande y la máquina poderosa, el choque puede resultar fatal a un hombre ; pues cargas moderadas bastan para matar pájaros y animales pequeños.

Diversos efectos eléctricos.

853. Efectos fisiológicos.—Los efectos de la electricidad estática pueden ser divididos en fisiológicos, luminosos, mecánicos, caloríficos y químicos.

Fig. 292.

Muestras de los *efectos fisiológicos* hemos notado ya algunos (§§ 84 y 852) sobre seres vivos, y verémos todavia otras sobre seres recien privados de la vida. Consisten los primeros en una violenta escitacion que ejerce el flúido eléctrico sobre la sensibilidad y la contractibilidad de los tejidos orgánicos que atraviesa ; y en los últimos, en contracciones musculares bruscas que simulan el retorno de la vida (*véase el Eléctro-magnetismo*).

854. Efectos luminosos.—La recomposicion de las dos electricidades a gran tension, se efectúa siempre con desprendimiento mas o menos intenso de luz ; tal es lo que sucede cuando se sacan chispas de la máquina eléctrica, de la botella de Leyden y de las baterías. El brillo de la luz eléctrica es tanto mas viva, cuanto mejores conductores son los cuerpos entre los cuales se verifica la explosion : y su color varía no solo con la naturaleza de estos cuerpos, sino tambien con la atmósfera ambiente y la presion.—Se demuestra el efecto de la presion del aire en el brillo de la luz eléctrica, entre otros aparatos, con el tubo auroreal.

855. *Tubo auroreal.*—Este aparatito (fig. 292) manifiesta

tos de la electricidad estática ? Cuáles son los efectos fisiológicos ? 855. En qué con-

el fenómeno producido por el pasaje de la electricidad por el vacío. Consta de un tubo de vidrio, dos o tres pies de largo, que remata en una esfera de metal amarillo; la cual está sostenida por un alambre que pasa forzadamente por el tapon, y termina adentro a poca distancia en nna punta. Por la parte interior y en el fondo del tubo, hai otra esfera soportada tambien por un alambre. La base del mismo está montada de manera que pueda ajnstarse al platillo de una bomba de aire, y abrírsele y cerrársele a voluntad. Habiendo secado y calentado perfectamente el tubo se le coloca sobre ella, y se le extrae el aire con la bomba; y luego se la lleva a un recinto oscuro, pouiéndose la esfera en contacto con un conductor primo. Trabajándose la máquina eléctrica, toda la longitud del tubo se llena de una corriente continua de luz violada, la cual se parece, en pequeña escala, a nna *aurora o luces boreales*. Se ha tratado aun de explicar este maravilloso fenómeno natural, suponiendo sea producido por el pasaje de corrientes de electricidad por capas de aire mui enrarecido.—Un resultado parecido se obtiene cou otro aparato conocido como el *huevo eléctrico*, y en el cual se reemplaza el aire extraido por el éter o alcohol, formandose en el interior una luz globular o esferoidal.

856. *Palabras luminosas.*—Cuando se interrumpe la continuidad de nn conductor, salta una chispa de una parte a otra; y en esta virtud se puede ejecutar algunos experimento de un efecto mui curioso a veces en los recintos oscuros, como el que sigue. Sobre nn pedazo de vidrio se pega algnnas tiritas de hojas de estaño, cortadas de modo que puedan formar letras, como se nota en la fig. 293. Se comunica la primera letra cou un conductor primo, y la última con el suelo. Operando la máquina, las chispas saltarán por las diferentes cortaduras del estaño, y las letras asumirán entonces un aspecto como si fueran de fuego.—Líneas serpentinas y espirales de luz, y otras bellas manifestaciones luminosas, pueden hacerse con lantejuelas dispuestas en diversas formas sobre el vidrio, como a uu décimo de pulgada aparte, y sometiéndolas a la accion de la máquina eléctrica.—Bajo este principio estan hechos tambien otros aparatitos conocidos como el *tubo centellante*, el *cuadro mágico* y la *botella centellante*.

Fig. 293.



857. Los EFECTOS QUÍMICOS de la electricidad estática son generalmente mui débiles. Wollaston descompuso una pequeña cantidad de agua con puntas mui finas de alambre de oro. El gas oleífero, el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico, el amoniaco y el óxido nitroso, se descomponen, bajo una

siste el tnbo auroreal y que se explica por su medio? 856. Cómo se hace el experimento de las palabras lnminosas? 857. Mostrad algunos casos de accion química.

carga eléctrica, en sus elementos constituyentes. Los elementos del aire se unen, cuando sometidos a una prolongada série de chispas, para formar el ácido nítrico; y el rayo en la atmósfera causa una mezcla igual, como lo manifiesta el análisis del agua llovida (Liebig). Es notable tambien a este respecto el fenómeno atmosférico conocido como el *ózona*, a causa del olor peculiar que se percibe despues de la descarga eléctrica de una máquina.

858. *La pistola eléctrica.*—Una mezcla de hidrógeno, dos volúmenes, y de oxígeno un volúmen, o del hidrógeno con muchas veces su volúmen de aire comun, produce una explosion, cuando es traida en contacto o pasa por ella una chispa eléctrica. Esto se demuestra con la *pistola eléctrica* (fig. 294), o pistolete de Volta.

Fig. 294.

El cañon de la pistola es de metal amarillo. Donde está ordinariamente el gatillo, tiene un corto tubo de marfil, que aisla un alambre que atraviese casi el cañon, y termina por fuera en una esfera. Póngase la boca del cañon sobre una corriente de gas hidrógeno, y cuando ha entrado bastante, se le cierra con un corcho. Haciendo pasar una chispa eléctrica por el cañon desde el extremo del alambre hasta la superficie opuesta, causa un fuerte estallido, y el corcho será lanzado con gran fuerza.

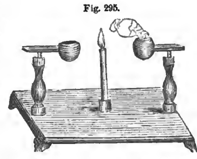
859. Efectos mecánicos.—Un conductor puntiagudo recibe y se deshace mas pronto del flúido eléctrico que otro con superficie esférica. Esta es una propiedad conocida como el *poder de las puntas.* De aquí es que en las máquinas eléctricas, las puntas ligadas con el conductor primo vienen a estar cerca del vidrio electrizado, mientras que el mismo conductor primo es cilíndrico. Aplíquese una varilla con punta al conductor primo, y no ocurrirá mas que una descarga muda de la accion de la máquina. En este caso, el conductor primo no acumula electricidad suficiente para ocasionar una chispa. En un recinto oscuro se ve salir el flúido por la punta en forma de un penacho luminoso. La corriente eléctrica puede sentirse como un soplo sobre la mano, si se pone ésta próxima a la punta; y a veces es bas-

---

858. Cuál es el experimento de la pistola eléctrica y de que resulta su efecto?
859. Cuáles son los efectos de los conductores puntiagudos y cilíndricos? 860. En

tante fuerte para apagar una vela. Tales fenómenos no son perceptibles cerca de la superficie de un conductor que contenga una esfera. La punta se desprende mas presto de su electricidad, y carga con ella el aire ambiente, y lo repele despues de estar cargado, como se experimenta en el péndulo eléctrico, causando así una corriente constante de la punta.

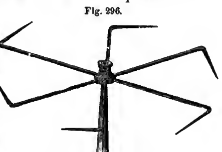
Fig. 295.



860. *La copa fosfórica.*—Se puede hacer un experimento interesante, para mostrar el pasaje de una corriente eléctrica, por medio del aparato dibujado en la fig. 295, llamado la *copa fosfórica.* Se pone dos copas de metal amarillo aisladas sobre pilares de vidrio de un mismo alto, como a dos pulgadas aparte de ellos, y una vela encendida en el medio. Las copas estan provistas de un pedazo de fósforo cada una, y ligadas, una con el conductor primo, y la otra con el conductor negativo de una buena máquina eléctrica. Puesta esta en operacion, la llama se inclina en la direccion de la copa negativa, acia la cual es impelida por la corriente de flúido positivo de la otra copa. El fósforo en la copa negativa es encendido por el calor engendrado de esta manera, mientras que en la copa positiva no hai aumento de temperatura, y el fósforo contenido en ella no se encendia. Inviértase las comunicaciones con la máquina, y se obtendrá un resultado contrario, pues la llama será impelida siempre acia la copa relacionada con el conductor negativo.

861. Al pasar el flúido eléctrico por una punta conductora, causa una fuerza de reaccion suficiente para hacer mover una maquinaria mui fina, a la manera que la reaccion del agua saliente por surtidores hace girar el cilindro de un molino de Barker (§ 378).

Fig. 296.



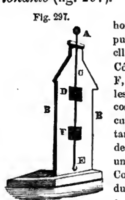
El *molinete eléctrico* de la fig. 296 suministra un caso para explicar esta reaccion. Se

qué consiste el experimento de la copa eléctrica? 861. Cómo sirve la electricidad al movimiento? Cómo se experimenta con el molinete eléctrico, y a que es debida su

compone de cinco o seis radios metálicos encorvados todos en el mismo sentido, y fijos en una chapa comun, móvil sobre un eje. Colocado en una máquina eléctrica, luego de cargada esta, toman los radios y la chapa un movimiento de rápida rotacion en la direccion opuesta a las puntas. Si se ejecuta este experimento en una cámara oscura, las puntas se hacen luminosas, y se forma un círculo o anillo de fuego. Del mismo modo se puede hacer girar figurines montados sobre las puntas del molinete, mover las ruedas de un carrito o las aspas de un molino de viento, y levantarse cuerpos ligeros sobre planos inclinados.—Muchos físicos no admiten que este movimiento sea efecto de la reaccion, sino de la repulsion entre la electricidad de las puntas y la que comunican al aire; o lo que llaman la *insuflacion*. El flúido eléctrico se acumula acia las puntas, se escapa al aire, y como este se encuentra cargado de la misma electricidad que aquellas, las rechaza al mismo tiempo que es a su vez repelido por ellas.

862. *La casa tonante.*—Entre otros efectos mecánicos de la electricidad, puede citarse la perforacion que causa en las sustancias delgadas que son no-conductoras, como un carton o pedazo de papel. Un vidrio de un dozavo de una pulgada,es traspasado por la descarga de una fuerte bateria. —Tambien sirve para demostrar el poder de la electricidad, como agente mecánico, un aparato ingenioso llamado la *casa tonante* (fig. 297).

Fig. 297.



Consta este de una pieza de madera secada al horno, B B, en la forma del cabo angular de una casa, puesta sobre un planchon o mesa. Acia el centro de ella corre un alambre, C, rematado en una esfera. Córtase de la madera varios pedazitos cuadrados, D, F, como de un cuarto de una pulgada de grueso, y se les vuelve a colocar flojamente en los mismos buecos de que han sido sacados. Por el medio de estos cuadraditos pasa un alambre en tal direccion, que insertando estos de un modo,haya una línea no interrumpida de C a E; mas que poniéndolos atravesados, ocurra una solucion de continuidad en el conductor, de D a F. Comuníquese el extremo del alambre, E, con la armadura exterior de una botella de Leyden; insértese el cuadrado de tal modo que no se interrumpa la linea conductora, y hágase pasar una carga eléctrica por el alambre, ligando la esfera A con la armadura interior de la botella. Ocurrirá consiguientemente un estallido, mas ninguno de los cuadrados flojos será movido. Ahora déjese en su lugar uno de los cuadrados, y póngase el otro atravesado, y hágase una fuerte descarga por el alambre; el primero permanecerá, cuando el otro será lanzado fuera por la accion mecánica del flúido que salta por la interrupcion.

---

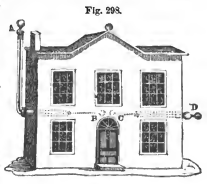
accion? 862. Qué otras pruebas hai del poder mecánico de la electricidad? Cómo

863. **Efectos caloríficos.**—*La chispa eléctrica.* La chispa y luz eléctrica resultan del acto de la reunion de las dos electricidades. Su color varía conforme al medio gaseoso por que pasa. En el aire ordinario y el oxígeno, da un color azulado blanco; en el aire enrarecido, es violado; en el nitrógeno, es azul purpúreo; en el hidrógeno, es carmesí; y en el ácido carbónico y cloro, es verde.—El carácter de la chispa depende de la forma, área, e intensidad eléctrica del conductor que la origina. El conductor positivo produce una chispa mucho mas densa y poderosa que el negativo.

864. *Ignicion por la chispa eléctrica.*—La chispa eléctrica es un manantial mui intenso de calor. Inflama los líquidos combustibles, como el alcohol y el éter, cuando los atraviesa; obra del mismo modo sobre la pólvora, la resina pulverizada, y aun funde los metales bajo la carga de una poderosa bateria.

Una persona colocada sobre el banquillo aislador, si toca el surtidor abierto de una lámpara de gas, lo hará arder. En las casas calentadas y bien secas por medio de caloríferos, un individuo puede encender tambien el gas, aplicando al surtidor el dedo, despues de haber corrido por el alfombrado. Esta es una diversion de familia en los Estados Unidos, durante los dias mui frios del invierno.—Preséntese una vela recien apagada, y con su pavesa encendida aun, al conductor primo de una máquina eléctrica, de modo que se haga pasar una chispa eléctrica por ella, y arderá de nuevo.—Una persona montada en el banquillo eléctrico y cargada de electricidad, puede hacer arder una copa de éter, presentando a esta un dedo por el cual se trasmita la centella eléctrica.—Con un aparato de suficiente fuerza, se funde un fino alambre por medio de la carga de una poderosa bateria.

Fig. 298.



865. *La casa de fuego eléctrica.*—Se demuestra que la resina puede incendiarse con la chispa eléctrica por medio del aparato de la fig. 298. Dos alambres de metal amarillo, aislados por tubos de vidrio, pasan por ambos lados de la casa, y van a terminar dentro en dos botones, B, C, un poco aparte. Estos botones estan tapados levemente con estopa

---

se hace el experimento de la casa tonante? 863. Cuál es el orígen y color de la chispa eléctrica? 864. Qué hechos demuestran el efecto calorífico de la chispa eléctrica?

y espolvoreada con resina pulverizada. Cuando se pasa una carga de A a D, la resina prende fuego, y la llama que se ve salir por las ventanas hace parecer como si la casa estuviera incendiada.

Fig. 257.



866. *Aparato para incendiar pólvora.* —Consiste este de dos pilares de vidrio aislados fijos en una peana, sobre uno de los cuales se encuentra un alambre rematado en una esfera, y en el otro hai una tasa de madera para contener la pólvora. Estando las cadenas *c*, *d*, ligadas respectivamente a la armadura interior y exterior de una botella de Leyden, se hace pasar una chispa de *b* a A, la cual incendia la pólvora.

867. El electróforo.—Se puede acumular pequeñas cantidades de electricidad con un simple aparato llamado el *electróforo*, inventado por Volta, y que viene a ser la mas sencilla de las máquinas eléctricas.

Se compone el electróforo de una torta resinosa de 8 a 10 pulgadas en diámetro, fundida en una caja de madera, y de un disco tambien de madera cubierto con papel de estaño y con un mango aislador de vidrio. Para obtener la electricidad por medio de este aparato, se principia secando a un calor moderado la torta resinosa y el disco de madera, y luego se la frota con una piel de gato que la eléctriza negativamente. Aplicando entonces el disco de madera cubierto de estaño sobre la resina, esta, que es mui mal conductora, conserva su electricidad negativa, y por su influencia sobre el disco, atrae el flúido positivo acia la cara que está en contacto con ella, repeliendo a la otra el negativo. Tocando la lámina de estaño con el dedo, se quita el flúido negativo, y queda electrizado positivamente el disco. En efecto, separándole con una mano por el mango de vidrio, y presentándole la otra, salta una viva chispa, que proviene de la recomposicion del flúido positivo del disco con el negativo de la mano.—Electrizada así la torta, en un aire seco puede conservar por muchos meses su electricidad; y aun se puede cargar lentamente con ella una botella de Leyden.

868. Electróscopos.—Los *electróscopos* son unos instrumentos que sirven para conocer si un cuerpo está electrizado, y cuál es la naturaleza de su electricidad. Son de varias formas, de las cuales el péndulo eléctrico, que ya hemos descrito (§ 823), es la mas sencilla. La atraccion de la esfera de saúco en su estado natural por una sustancia que se le

---

865. En qué consiste el experimento dicho la casa de fuego eléctrica? 866. Cuál es el aparato usado para incendiar pólvora? 867. Para qué sirve el electróforo, y como se hace él de Volta? 868. Qué es un electróscopo? Cómo se prueba la naturaleza de

presenta, indica la presencia de electricidad en esta última. Si la esfera dicha está cargada de electricidad positiva, su atraccion por una sustancia señala en esta la electricidad negativa, y su repulsion la positiva. Si la esfera de saúco está cargada con electricidad negativa, su atraccion por una sustancia indica en esta la electricidad positiva, y su repulsion la negativa.—Se han ideado otros aparatos con el mismo objeto, como el *electrómetro de panes de oro* de Bennet, y el *electrómetro condensador* de Volta, que aunque mas sensibles que el péndulo eléctrico, no poseen la sencillez y fácil uso de este.

869. ELECTRÓMETROS.—Los *electrómetros* son instrumentos para medir aproximativamente la tension de la electricidad en las máquinas eléctricas. El mas usual es el *electrómetro de cuadrante* de Henley, que es un pendulito eléctrico (fig. 300) compuesto de un vástago de madera que lleva un cuadrante de marfil, el cual tiene en su centro un pequeño eje, a cuyo alrededor gira una aguja de ballena, terminada en una esfera de médula de saúco. Puesto el instrumento en uno de los conductores, a medida que se carga la máquina, diverge la aguja, que cesa de subir luego que se llega al maximum de tension. Si no se da ya mas vueltas al platillo de la máquina eléctrica, cae la aguja, rápidamente en el aire húmedo, pero con lentitud en el seco, lo cual revela que es corta la pérdida en este último caso.

Fig. 300.

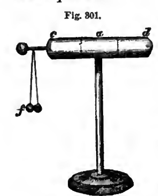
Induccion electrica.

870. INFLUENCIA O INDUCCION ELÉCTRICA.—Un cuerpo electrizado obra sobre otro en el estado neutro, de la misma manera que el iman sobre el hierro; es decir, que descomponiendo al flúido neutro, atrae la electricidad de nombre

la electricidad con el péndulo eléctrico? 869. Qué es un electrómetro, y como está constituido el de cuadrante? 870. Explicad en que consiste la induccion eléctrica.

contrario a la que posee, y repele la del mismo nombre. Se pudiera así decir, que todo cuerpo electrizado está rodeado de una atmósfera de influencia, dentro de la cual todo conductor aislado se electriza. Para expresar este efecto, que es una consecuencia de la mutua accion de las dos electricidades, se dice que el cuerpo que se hallaba primero en el estado neutro, se encuentra ahora electrizado por *influencia* o *por induccion.*

Fig. 301.



871. Se demuestra la induccion eléctrica por medio del aparato representado en la fig. 301. Aquí, *c a d* señalan un cilindro de metal amarillo con extremos redondos, aislado sobre una base de cristal, y llevando en una de sus extremidades un electróscopo o péndulo eléctrico, *f*. Traígase el extremo *d* a unas pocas pulgadas de un conductor primo, y las esferas de saúco, que antes estaban colgando juntas, se separan instantaneamente, indicando la presencia de la electricidad. Puesto que el cilindro no está en contacto con el conductor primo y no recibe chispas de él, es claro que ha sido electrizado por induccion. Su electricidad neutra y latente es descompuesta por la atmósfera eléctrica que rodea el conductor primo: la porcion negativa es atraida acia *d*, y la positiva repelida a *c*, de donde se cargan las dos esferas, lo que causa su separacion. Si se retira el cilindro de la vecindad del conductor primo, las esferas de saúco caerán inmediatamente; y solo cuando estan en la atmósfera inmediata del conductor, manifiestan escitacion eléctrica.

Si en vez de estar aislado el cilindro *c a d*, estuviese en comunicacion con la tierra, su electricidad positiva será repelida acia esta última, y permanecerá con la parte negativa. Si se separa entonces el cilindro, habiéndose cortado primero su comunicacion con la tierra, quedará poseido del flúido positivo.

872. El Dr. Faraday ha modificado el modo de ver comun de la induccion, probando experimentalmente que no se verifica la induccion a la distancia, sin haberse antes polarizado las partículas del no-conductor interpuesto, haciéndolas asumir una posicion forzada, que guardan mientras esten bajo la influencia del cuerpo inductor. El aire y otros no-conductores que permiten de esta manera el pasaje de la influencia eléctrica, Faraday los llama *dieléctricos;* a diferencia de los *eléctricos*, o conductores que se polarizan solo cuando estan aislados por algun dieléctrico. Los dieléctricos varian en su capacidad específica inductiva, siendo el aire el mas bajo en la escala, como sigue: aire, 1; resina, 1.77; pez, 1.80; cera amarilla, 1.86; vidrio, 1.90; azufre, 1.93; shellac, 1.95.

---

871. Cómo se demuestra la existencia y naturaleza de la induccion eléctrica?

873. El fenómeno de la induccion puede solo explicar la atraccion y repulsion de los cuerpos ligeros (§ 822). El vidrio o resina electrizados descomponen la electricidad neutra de las esferas de saúco y tiritas de papel, repeliendo la electricidad del nombre opuesto, y siendo abandonados de la electricidad encontrada al vidrio o resina, son atraidas al cuerpo electrizado en obediencia a la lei eléctrica. Todos los casos de repulsion eléctrica son igualmente referibles a la atraccion bajo la influencia inductiva. Así, la repulsion aparente de las dos esferas en el electróscopo, es realmente el efecto de la atraccion de los cuerpos vecinos, cuyo equilibrio eléctrico es alterado por la influencia inductiva de una causa electrizadora.

El siguiente experimento aclara el fenómeno del desarrollo de la electricidad, y las atracciones y repulsiones de los cuerpos ligeros por la induccion. Fíjese por los bordes y como a una pulgada de la mesa, una lámina de cristal puesta sobre dos pedazos de madera seca, y colóquese debajo varias tiras de papel y esferas de saúco. Frótese la superficie de arriba con un pañuelo de seda, con lo que la electricidad del vidrio se descompone, el flúido negativo adhiriéndose a la seda, y el positivo a la cara de arriba de la lámina: esta obra por induccion sobre la cara de abajo del vidrio, repeliendo su electricidad positiva y atrayendo su negativa; el dieléctrico intermedio se polariza, como queda dicho, la cara inferior del vidrio se electriza por induccion a traves de su sustancia, y atrae y repele alternativamente los cuerpos ligeros.

874. Electricidad del vapor.—El desprendimiento de vapor acuoso por pequeños orificios, desarrolla electricidad. Este hecho fue descubierto casualmente en 1840 por un fogonero, que habiendo ido a cojer la palanca de la válvula de una máquina de vapor con una mano, mientras tenia la otra cerca de la columna de vapor de agua, experimentó una fuerte conmocion acompañada de una viva chispa. Esta electricidad proviene del frotamiento de las partículas acuosas sobre los lados del orificio.

Habiendo llegado este suceso al conocimiento del físico ingles Mr. Armstrong, de New-Castle-on-Tyne, hizo construir un aparato, llamado la *máquina hidro-eléctrica* para demostrar este fenómeno. Consiste de una caldera de vapor de tres a seis pies de largo, montada sobre pilares aisladores de vidrio, con un mecanismo para dejar salir el vapor con fuerza por surtidores, que van a descargarse contra una plancha cubierta de puntas metálicas, que hacen las veces de conductor primo. Una máquina de esta clase produce chispas de 22 pulgadas de largo, con una sucesion tal que parece una sábana de fuego.

---

872. Cuál es la explicacion de Faraday? 873. Cómo se explica la atraccion y repulsion de cuerpos ligeros por medio de la induccion? Qué experimento la confirma? 874. Cómo se descubrió la electricidad del vapor? Cómo está construida la máquina

Electricidad atmosférica.

875. Electricidad libre.—A mas de la electricidad neutra y latente comun a todas las sustancias, la atmósfera contiene una cantidad de electricidad libre, que va aumentando así que nos apartamos de la superficie de la tierra. Esto se puede probar alzando un conductor aislado a algunos pies de altura, y ligándolo con un delicado electrómetro. Becquerel y Breshet dispararon dardos, atados a una cuerda de seda de 90 yardas de largo, desde la cima del San Bernardo, estando comunicados al extremo con un electrómetro; y hallaron que mientras mas alto se elevaba el dardo, mas era afectado el electrómetro. Este fenómeno es mas notable aun en tiempos nublados y brumosos, en que no se divisa comunmente señal alguna de tempestad. Un físico ingles, Mr. Crosse, hizo poner mas de una milla de alambre sobre palos sostenidos de la cima de los mas altos árboles, y comunicando los conductores puntiagudos con su bateria, colectó a veces electricidad suficiente para cargar y descargar veinte veces en un minuto una bateria de 50 botellas, con 73 pies cuadrados de armadura, produciendo un estallido tan fuerte como el de una pistola.

876. *Su orígen.*—La electricidad libre en la atmósfera se cree causada: 1°. por el *frotamiento* entre grandes masas de aire de densidades distintas; 2°. por la *condensacion* de los vapores atmosféricos en una forma líquida, por cuyo procedimiento se desarrolla abundante electricidad; 3°. por los *cambios químicos* operados en el crecimiento de árboles y plantas; 4°. por la *evaporacion*, particularmente cuando se descomponen los vegetales en el agua.—Como todas estas causas no obran siempre con la misma actividad, es claro que la cantidad de electricidad libre en la atmósfera varía con los tiempos y lugares.

877. *Fuego de San Elmo.*—Cuando la atmósfera está mui cargada de electricidad, su presencia se hace notar por

---

hidro-eléctrica? 875. Qué otra clase de electricidad se observa en la atmósfera, y como se comprueba? 876. De qué proviene esta electricidad? 877. Qué fenómeno

varios fenómenos luminosos. Tal es, por ejemplo, la brillante luz vulgarmente conocida como el *fuego de San Elmo*, que aparece frecuente en el tope de mástiles de buque, en la punta de las bayonetas y en la extremidad de las orejas de los caballos. Esto es simplemente el efecto de una electricidad superabundante en la atmósfera, la cual es atraida por un conductor puntiagudo y al cual va pasando calladamente. Tales fenómenos son mas comunes durante un fuerte temporal, cuando se ha visto hasta treinta en diversas partes del mismo buque. Se parecen a veces a sábanas ardientes, que se extienden tres pies a lo largo; y otras toman el aspecto de globos de fuego, que se adhieren a los peñoles de las vergas y tope de los masteleros.

878. *Globos de fuego.*—Se atribuye tambien a la electricidad los *globos* o *bolas de fuego* que de vez en cuando atraviesan el firmamento, a treinta y mas millas de altura, y con una velocidad de cinco a treinta y tres millas por segundo. Estos meteoros desaparecen a veces súbitamente, dejando detras un surco luminoso; otras veces hacen explosion formando chispas o globitos pequeños; y en ocasiones van tambien acompañados de una lluvia de piedras meteóricas. La caida de una estrella no viene a ser sino otro fenómeno igual en menor escala, y en las regiones inferiores de la atmósfera.

879. *Trueno y rayos.*—El mas grande de los fenómenos atmosféricos producido por la electricidad, es el *rayo*. El rayo no es mas que la chispa que sigue al pasage del flúido eléctrico de una nube a otra, o de la nube a la tierra. El *trueno* es el estrépito causado en el mismo instante por la agitacion del aire, que se precipita a llenar el vacío dejado por el flúido eléctrico en su inconcebiblemente rápida marcha. El curso del rayo se extiende a veces muchas millas, y como el ruido que ocasiona va propagándose en toda su extension, no llega a nuestros oídos en el mismo momento; y de aquí nace esa prolongada detonacion y ondulante estré-

---

se conoce como el *fuego de San Elmo?* 878. A qué se atribuye los globos de fuego? 879. Cuál es la causa del trueno y el rayo? 880. Narrad las circunstancias relativas

pito del trueno, que es aumentado por ecos sucesivos de las montañas y nubes vecinas.

880. *Experimento de Franklin.*—Se debe al Dr. Franklin el haber demostrado palpablemente que el rayo y el trueno son efectos de una electricidad idéntica a la que resulta de los otros experimentos eléctricos. En 1749, él habia propuesto dos medios para atraer la electricidad de las nubes. Por indicaciones suyas Dalibard, de Paris, colocó al aire libre una varilla de hierro puntiaguda y aislada de 40 pies de largo; y poco tiempo despues consiguió sacar chispas de ellas, acompañadas de aquel sonido peculiar de la electricidad. Casi al mismo tiempo, cansado Franklin de aguardar la ereccion de una alta torre en Filadelfia, sobre la cual esperaba situar su conductor, concibió la idea de alcanzar a las altas regiones del aire por medio de un cometa o volantin. De un pañuelo de seda formó uno con punteros de cedro seco, con mas una aguda punta de alambre encima, y abajo, atada al remate de la cuerda de cañamo, una llave de hierro aislada de la mano por un cordon de seda.

Así preparado salió a los campos a esperar la tempestad, que apenas hubo divisado, cuando lanzó al aire su cometa, y aguardó con confianza el resultado. Pronto se realizaron sus previsiones, pues notó que vibraban las fibras del cáñamo y se repelian entre sí, y así que la lluvia hubo hecho un buen conductor de la cuerda, gozó el inexplicable placer de ver salir grandes chispas eléctricas de la llave. De este modo quedó confirmada una de las mas atrevidas concepciones, y uno de los descubrimientos mas interesantes en la historia de la ciencia.

Como era mui natural, muchos trataron de repetir el experimento y verificar por sí tan curioso fenómeno, aunque nó sin grandes riesgos. Romas logró, en junio de 1753, sacar llamaradas de fuego eléctrico de diez pulgadas de largo, por medio de un cometa elevado con una cuerda de 550 pies de largo. Este resultado fue acompañado de muestras evidentes de extrema tension eléctrica, como la de una sensacion parecida al roce de telas de araña en la cara de los espectadores, fuertes estallidos y un sonido rugidor, como de grandes fuelles. En agosto de 1753, el Profesor Richmann, de San Petersburgo,

---

al gran experimento de Franklin sobre la electricidad atmosférica y sus resultados.

perdió la vida ejecutando el mismo experimento. Cavallo, de Londres, sacó, en 1777, enormes cantidades de electricidad con un cometa eléctrico, y notó que cambiaba frecuentemente de intensidad, a medida que el cometa pasaba por diferentes capas de aire. En las oficinas telegráficas, durante una tempestad, chispas vivas estan pasando constantemente de los instrumentos de una estacion a otra, por efecto de la induccion de la atmósfera sobre los alambres, impidiendo a veces las señales, y con riesgo aun de los que manipulan las máquinas.

881. *Conductores del rayo.*—Cuando una nube está demasiado cargada de electricidad, y viene otra de cerca poseida de distinta electricidad, ocurrirá una descarga entre ambas, sin peligro de persona alguna. No así, cuando no se encuentra nube vecina, y el rayo parte de la nube cargada a la tierra o al mar. En este caso, siendo el aire un mal conductor, el flúido eléctrico toma en su descenso el mejor conductor que encuentra, como una casa, un árbol, los masteleros de un buque, un ser viviente, etc. Ahora, si estos objetos fueran perfectos conductores, el rayo descenderia por ellos sin daño alguno; mas todos ellos ofrecen mas o menos alguna obstruccion a su pasaje, y de ahí resulta el mal que sufren cuando son heridos por el rayo. Por esto tambien, los objetos altos o cercanos a las nubes, estan mas expuestos a ser heridos del rayo; y es imprudente ponerse en la cima de una altura o colina, o cerca de un árbol, cuando estalla una tormenta. Tampoco es bueno estarse cerca de una pared húmeda, los alambres de las campanillas de una casa, un marco de pintura dorado, o cualquier otra sustancia metálica, pues el flúido ha de buscar siempre el mejor conductor en su pasaje a la tierra.

882. *Pararayos.*—Una vez demostrado que el rayo no era mas que una descarga eléctrica, se aplicó Franklin a idear un medio de hacer útil su invento para evitar sus efectos sobre los edificios. Sus lucubraciones dieron por resultado la invencion del *pararayo*, a que se debe la preservacion de miles de vidas y propiedades.

El mejor material para hacer el pararayo es el cobre, pero se prefiere generalmente el hierro como mas barato. Ha de extenderse al menos cuatro

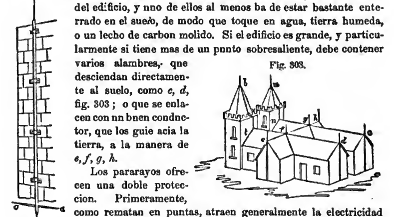
---

881. Qué causas hacen peligroso el rayo? 882. Cuál es el efecto y en que consiste el pararayo?

pies mas arriba del edificio qne se trata de protejer, y rematar en nna o mas puntas, que ban de estar cubiertas con plata o platina para que no se enmohezcan, y pierdan con esto sn poder conductor. El alambre o varilla debe ser continnado, y de nn grueso tal (nn cuarto de pulgada), que el flúido pueda pasar libremente sin riesgo de fundirlo; y colocársele tan cerca como sea posible a la muralla y firmemente asegurada a ella con aisladores. El extremo bajo ha de dividirse en dos o mas ramas con pnntas, como se ve en *a a a*, de la fig. 302. Estos ramajes se apartaran del edificio, y nno de ellos al menos ba de estar bastante enterrado en el suelo, de modo que toque en agua, tierra humeda, o un lecho de carbon molido. Si el edificio es grande, y particularmente si tiene mas de un pnnto sobresaliente, debe contener varios alambres, qne desciendan directamente al suelo, como *c, d*, fig. 303; o que se enlacen con nn bnen condnctor, que los guie acia la tierra, a la manera de *e, f, g, h*.

Fig. 302.

Fig. 303.



Los pararayos ofrecen una doble proteccion. Primeramente, como rematan en puntas, atraen generalmente la electricidad de un modo silencioso; y en segundo lugar, si ocurre la descarga, el rayo seguirá mas bien los alambres que otros conductores inferiores a que van unidos, y encontrando el paso franco no prodncirá daño alguno. Los pararayos parecen protejer un espacio alrededor igual al doble de la altura a qne sobresalen del edificio. Por ejemplo: un alambre proyectado cinco pies encima, cubrirá todo punto de la superficie inmediata a los diez pies en torno de él.

883. Peces eléctricos.—El torpedo, la anguila de Surinam, el silurus electricus, y otras varias especies de pescados, estan poseidos de un órgano especial para causar una conmocion eléctrica mas o menos fuerte conforme a su tamaño. Valénse de este medio para defenderse contra sus enemigos, o para entorpecer y asegurar su presa. La virtud eléctrica se les acaba con la vida, y el mucho ejercicio de esta arma los agota y mata al fin. La descarga de un torpedo de catorce pulgadas, se aguanta con dificultad; mientras que se ha visto anguilas de Surinam de tal tamaño que matan de un choque eléctrico.

---

883. Qué peces producen electricidad y hasta que grado?

La anguila de Surinam, causa veinte choques por minuto, arroja una viva chispa en el aire, y carga una botella de Leyden. Faraday computaba que la conmocion producida, por el choque de una de estas anguilas, por término medio, era igual a la descarga de una bateria de quince frascos, que contuviese 3,500 pulgadas cuadradas de vidrio, cargándoseles cuanto fuese posible.

CAPÍTULO XVII.

GALVANISMO

O ELECTRICIDAD DINÁMICA.

Origen y desarrollo de esta ciencia.

884. Descubrimiento y teoría del galvanismo.—En 1786, Luis Galvani, profesor de anatomia en la Universidad de Boloña, se ocupaba de una larga série de observaciones sobre los efectos de la electricidad atmosférica en el organismo animal, y notó que las piernas o muslos de algunas ranas que tenia preparándose en las rejas de una ventana, sufrieron una convulsion y encojimiento, al estrecharlas contra el hierro. Repitió el experimento de varias maneras, y halló que la contraccion era mayor cuando ponia en comunicacion dos metales por entre los nervios lumbares y los musculos externos desnudos de su piel.—Tal fué la circunstancia que dió orígen a la nueva e importantísima ciencia del *galvanismo*, o *electricidad dinámica*, que se ha hecho tan notable por las numerosas aplicaciones útiles que ha recibido de medio siglo acá.

Para repetir el experimento de Galvani, se desuella una rana viva cortándola debajo de los miembros anteriores (fig. 304), y se pone a descubierto los nervios lumbares situados en ambos lados de la columna vertebral. Estirando las piernas en la posicion que se ve en el grabado, se toma un con-

---

884. A quién se debe el descubrimiento del galvanismo y bajo que circunstancias? En qué consiste el experimento de Galvani y como él lo explicaba? 885. Cuál fué la

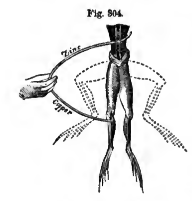


Fig. 804.

ductor metálico en forma de dos arcos, uno de zinc y otro de cobre, e introduciendo el primero entre los nervios y la columna vertebral, se hace que toque el otro los músculos de una de las piernas. Mientras los conductores estan separados, no hai movimiento en aquellas; pero en el instante que se les ponga en contacto, se repliegan y agitan los dos músculos a la altura marcada con puntitos en la figura, pareciendo que la rana hubiera recobrado la vida.

Galvani atribuia las convulsiones de la rana a un flúido nervioso o vital, llamado *flúido galvánico*, que pasaba de los nervios a los músculos por medio de la comunicacion exterior establecida entre ellos. Este flúido, a su modo de ver, existia en los nervios, atravesaba el arco metálico, y cayendo sobre los músculos, los contraria a la manera de una descarga eléctrica.

885. Teoría de Volta.—Habiendo adoptado desde un principio la hipótesis vitalista de Galvani, Volta se persuadió, con todo, que los efectos eléctricos atribuidos por aquel a la electricidad animal de la rana, eran realmente causados por el *contacto de sustancias desemejantes*, y que los miembros de la rana no eran sino unos electróscopos sensibles, que servian para indicar la corriente eléctrica desarollada por dos metales distintos. Este fué el orígen de su celebrada *teoria del contacto*, una opinion que prevaleció casí universalmente por mucho tiempo en el mundo científico, para explicar la fuente de la electricidad dinámica, pero que poco a poco ha ido cediendo a la *teoria electro-química*, que atribuye estos fenómenos a la accion química.

Galvani era un anatomista y fisiologista, y Volta cultivaba principalmente la química y la física, y de ahí nacian sus encontradas opiniones y razonamientos. El primero se empeñaba en demostrar, como lo hizo, la existencia de una verdadera electricidad animal desarrollada entre la superficie exterior y los nervios; mientras Volta, al contrario, consideraba solo las condiciones físicas del problema, y se fijaba en el contacto de las dos sustancias desemejantes, sin atender al hecho de que habia un tercer elemento, la accion química producida por la humedad de las manos, los flúidos animales, el ácido o alguna solucion salina. Haciendo uso de su electrómetro condensador, ha-

opinion adoptada por Volta y en que se fundaba? Cuál fué su conclusion? 886. Qué

llaba que el contacto de dos cuerpos hetereogéneos ocasionaba una fuerza, que él designó con el nombre de *fuerza electro-motriz*, capaz de desarrollar los dos estados eléctricos de los metales por el simple contacto; y por esto dividió los cuerpos conductores en dos clases: *buenos electro-motores* y *malos electro-motores*. En la primera entraban los metales y el carbon bien calcinado, y en la segunda los líquidos, y en general los cuerpos no-metálicos.

Mas dejando a un lado la controversia entre Volta y sus contemporaneos, vengamos al hecho fundamental descubierto por Volta, a saber: *que ciertos metales, y particularmente los metales oxidables, desenvuelven una cierta electricidad y cargan el condensador, cuando se les coloca en ciertas condiciones.*

Este descubrimiento abrió el camino a otro mucho mas importante para esta ciencia, por lo que ha merecido tambien el título de *electricidad voltaica.*

886. La pila de Volta.—Toda forma de aparato destinado a producir una corriente de electricidad dinámica, se llama una *bateria* o *pila*. El primer aparato de Volta se componia literalmente de una pila o serie de discos de cobre y de zinc, puestos alternativamente uno sobre otro, y con una rodaja de paño empapada de agua acidulada en el intermedio de uno y otro, en este orden: un disco de cobre, otro de zinc, y luego el paño, y así sucesivamente. Suéldanse ordinariamente entre sí, de dos en dos, los discos de zinc y de cobre, de modo que forman *pares*, separados por las rodajas húmedas, y sostenidos verticalmente por tres cilindros macizos de vidrio. Por eso se llama el aparato *pila de columna*. Los discos finales llevan una argollita para atar los alambres a uno y otro extremo. Cuando se ponen en contacto las dos puntas de los alambres o se les separa, causan una viva chispa; y un hilo fino de platino de media pulgada de largo, colocado entre los dos extremos del alambre, se calienta al rojo. Cogiendo una persona un alambre en cada mano, experimenta una série de choques parecidos a los de una botella de Leyden, aunque mas o menos débiles, conforme al mayor o menor número de discos. Esto es teoricamente, porque en la práctica se halla que la intensidad no crece en proporcion con el número de estos discos.

Estando aislada del suelo la pila por medio de un platillo de vidrio o de resina, se comprueba con el electrómetro, que la parte media se halla en el estado natural, que cada mitad de la pila está enteramente cargada, de elec-

es una pila? Describid la primera pila inventada por Volta? 887. Qué experimen-

tricidad positiva la una, y negativa la otra, y que la tension crece de ambos lados a partir del centro a las extremidades. La mitad que termina por zinc, está cargada de electricidad positiva, y la otra de negativa.

887. *Experimentos familiares.*—Puede formarse idea clara de los efectos de la electricidad voltaica con los siguientes experimentos.

Experimento 1°.—Poned un pedazito de zinc debajo de la lengua y una moneda de plata encima de la misma. Mientras los metales no se toquen, nada estraño se apercibirá; mas tan pronto como se pongan en contacto, se forma el circuito voltaico, y se siente en la lengua una conmocion y un gusto como de caparrosa; y teniendo cerrados los ojos, se verá una débil llamarada de luz. La electricidad es desarrollada aquí por la accion química de la saliva sobre el zinc.

Experimento 2°.—Póngase un peso fuerte de plata sobre una plancha de zinc, y sobre el primero una sanguijuela. Esta trata de evadirse, y al salir del peso y tocando el zinc, retrocede y se encoje para atras, a causa del choque o conmocion eléctrica que recibe. En este caso, el lodo o sustancia viscosa del animalejo opera químicamente sobre el zinc.

888. Cantidad e intensidad.—Hai una diferencia mui notable entre la tension de la electricidad de la pila voltaica, y la que resulta por el frotamiento. No se percibe sensacion alguna con el contacto de uno u otro de los polos de una bateria voltaica: ambos polos han de tocarse simultaneamente para experimentar la conmocion. La fuerza arrojadiza o proyectil de la electricidad voltaica es casi nula, de tal modo que en las baterias mas poderosas o séries mas extensas, los puntos terminales han de traerse mui cerca, o en contacto inmediato, antes que se establezca una corriente. La intensidad de una pila puede aumentarse, duplicando el número de pares de un tamaño dado, mientras que su cantidad permanece inmutable. La cantidad de electricidad puesta en mocion por la bateria voltaica depende no del número de la serie, sino enteramente de la *extencion de superficie* puesta en accion por cada par, y tambien del poder conductor del líquido interpuesto.

La diferencia entre la cantidad y la intensidad de la electricidad voltaica, es análoga a la diferencia entre la cantidad de un sólido disuelto en un cierto liquido y la fuerza de la solucion. Echad en un casco de agua una libra de sal, y en una cucharita llena de agua toda la sal que esta pueda disolver: la primera solucion contendrá mayor cantidad de sal, pero será menos fuerte que la última.

---

tos sencillos se puede hacer para mostrar la electricidad voltaica? 888. Qué expresan

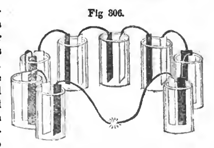
Baterias galvanicas.

889. Batería simple de Volta.—Luego despues de haber inventado la pila, Volta propuso otro mejor medio de colocar las planchas metálicas, conforme al mismo principio, pero en una forma mas conveniente. El habia observado que se desarrollaba electricidad al sumerjirse placas de cobre y zinc en un ácido diluido, si se completaba el circuito poniendo en contacto sobre la vasija los mismos metales, o alambres ligados con ellos. Tal es la forma mas simple de la batería voltaica, conocida como el *círculo galvánico simple;* que se dibuja en la fig. 305.

Fig. 305.

Consta esta de una lámina de zinc amalgamado, Z, y otra de cobre, C, sumerjidas en una vasija de vidrio con agua acidulada por el ácido sulfúrico. Cuando estas láminas se tocan (en o sin el flúido), se establece una corriente eléctrica, que pasa del zinc al cobre en el flúido, y del cobre al zinc en el aire, como se ve por las saetas. La polaridad de los extremos en el aire, W, es el reverso de la en el ácido, siendo análoga a la descomposicion de la electricidad neutra en el vidrio o en el lacre.

890. *La corona de tazas* (la couronne des tasses) es otra bateria galvánica (fig. 306) inventada por Volta, combinando varios vasos preparados como queda descrito. Cada vaso contiene una laminita de cobre y zinc, estando el cobre del uno ligado por un conductor al zinc del otro mas próximo. A fin de completar el circúito, los alambres atados a las láminas finales o extremas se juntan, produciéndose una chispa u otro fenómeno eléctrico.


Fig 306.

891. La direccion que siga la corriente voltaica depende enteramente de la naturaleza de la accion química que la produce. Si, por ejemplo, en el aparato y disposicion descritos antes (§ 889), se usara una agua fuerte de

los términos cantidad e intensidad en el galvanismo? 889. En qué consiste la pila simple de Volta y como está hecha? 890. Describid la pila llamada la corona de ta-

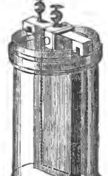
amoniaco en vez de ácido diluido, todas las relaciones de los metales y del flúido se cambiarian; y la accion estaria entonces de parte del cobre, y el zinc seria relativamente el metal electro-negativo.

Las expresiones *electro-positivo* y *electro-negativo* indican la relacion mutua de dos o mas elementos entre sí. Así el zinc, que es un metal actuado mas facilmente por todos los ácidos y varias soluciones salinas, viene a ser electro-positivo respecto a otro elemento con que pueda estar asociado; a menos que, como en el caso anterior, el otro elemento es el actuado y no el zinc, que es por esto negativo. El oxígeno es un elemento que obra sobre todos los otros, y es por tanto el tipo de las sustancias electro-negativas; el oro, el platino y la plata, siendo los metales menos oxidables, son sustancias electro-negativas relativamente a las otras mas fáciles de ser actuadas que ellas, y son por lo mismo sustancias para el elemento negativo de la batería voltaica simple.

892. Pilas de artesa.—La pila de Volta antes descrita ha recibido varias modificaciones, algunas de las cuales vamos a mencionar. La forma inadecuada de la pila de columna, indujo a que Cruickshank inventara la *pila de artesa*, que lleva tambien su nombre, y que no viene a ser mas que una pila de columna horizontal, en vez de la vertical de Volta.

Se compone esta de una caja rectangular de madera, recubierta interiormente con una capa de mástic aislador. Las placas de zinc y de cobre, soldadas entre sí de dos en dos, forman pares de tamaño igual a la seccion interior de la caja, fijos en el mástic; de modo que quedan entre los pares intervalos poco considerables, que constituyen unas celdillas o compartimentos. Viértese en estas una mezcla de agua y ácido sulfúrico, que produce el mismo efecto que las rodajas de la pila de columna; y los dos polos se comunican entre sí por medio de dos alambres sujetos a las placas, que se introducen en las dos últimas celdillas.


Fig. 307.



Davy y Nicholson mejoraron grandemente la artesa, fijando los pares a una barra de madera sostenida encima por pilares a uno y otro extremo de la artesa; y el Dr. Wollaston encerró cada zinc en el cobre de su lado, doblando así su superficie efectiva.

893. *Pila de Smee.*—La pila de Smee (fig. 307) tiene tres planchas metálicas, que estan suspendidas de una armazon de madera, sin tocarse entre sí. La plancha del medio está recubierta de platino, y las de los costados son de zinc amalgamado, es decir, de zinc con una capa de mercurio. Estas se sumergen en

zas. 891. Qué determina la direccion de las corrientes voltaicas? Qué quiere decir eléctro-positivo y negativo? 892. En qué consiste la pila de artesa y que mejoras ha

ácido sulfúrico diluido, que se pone en una vasija de tierra o arcilla. Esta pila, aunque no tan poderosa como las que describirémos mas adelante, puede, con todo, mantenérsela en operacion por muchos dias, y es mui usada para platear metales inferiores con oro y plata. Con ciertas modificaciones, como las introducidas en el sistema de Chester, sirve para operar los telégrafos magnéticos; y es la única pila de un solo flúido que ahora se use para experimentos.

894. Pilas de dos líquidos.—En las pilas hasta aquí descritas, se emplea un solo líquido y dos metales, de tal naturaleza que uno es actuado mas pronto por un flúido que el otro. Aunque se ha mejorado mucho esta clase de pilas, la rapidez con que pierden su energía ha hecho que hayan sido casi del todo reemplazadas por aparatos en que se hace uso de dos flúidos (llamadas tambien *pilas de corrientes constantes*), y que no solo son mas poderosas, sino mas regulares y permanentes en su accion. Vamos a describir las mas importantes de ellas.

Fig. 308.

Fig. 309.

895. *Pila constante de Daniell.*—Todas las baterías de dos liquidos no vienen a ser mas que modificaciones de la de Daniell, inventada en 1836. Consiste esta de un cilindro exterior de cobre, dentro del cual hai una vasija porosa de porcelana no glaseada, de la forma dibujada en la fig. 308. Dentro de esta vasija hai un cilindro sólido de zinc amalgamado. Tanto del cilindro de cobre como del de zinc, salen rebordes de metal amarillo (fig. 309), provistos de tornillos para meter los alambres, cuyos extremos sirven de polos en las pilas de una sola celdilla. Si tiene muchas celdillas, se introducen en estos tornillos alambres para comunicar el zinc de la una con el cobre de la otra, y se atan a mas alambres para conducir el flúido al zinc de una de las celdillas a un extremo, y al cobre de la otra en el término opuesto. Se llena la vasija porosa de ácido sulfúrico diluido, y el cilindro de cobre con el mismo flúido saturado de sulfato de cobre; y en un reborde anular perforado en contorno con agujeritos, y que se nota con puntitos circulares en el grabado anexo, se coloca cristales de sulfato de cobre, que se disuelven a medida que funciona el aparato; manteniendo así una provision no interrumpida de accion química, que hace operar constantemente la batería.—Una vez unidos los polos, comienza una accion poderosa, que en lugar de ir disminuyendo, como en las pilas de un solo flúido, se sostiene por horas seguidas sin perder su eficacia. Ordinariamente se emplea dos docenas de celdillas para formar una batería. La principal mejora de este aparato consiste en el uso de la vasija porosa o

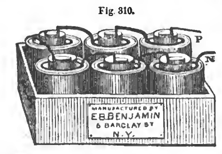
---

recibido? 893. Describid la pila de Smee. Qué uso tiene? 894. Por qué son preferibles las pilas de dos fluidos? 895. Describid la pila de Daniell. 896. En qué con-

diafragma, que separa los líquidos, sin que por esto impida el pasaje de las corrientes voltaicas.

896. *Pila de Grove.*—Esta es la batería o pila mas comunmente usada hoi dia a causa de su mayor fuerza, aunque tiene el inconveniente del mucho costo del platino para operarla. La base de su construccion viene a ser la misma de la de Daniell, pero se emplea en aquella diferentes metales y flúidos, que la hacen mucho mas activa, siendo veinte veces mas poderosa que la pila de zinc y de cobre, que posea una misma superficie metálica. La vasija porosa, en la pila de Grove, contiene una lámina de platino sumergida en un fuerte ácido nítrico, y aquella misma va metida en un cilindro de zinc lleno de ácido sulfúrico diluido; y el todo se pone en una vasija de cristal o de arcilla. En la fig. 310 se dibuja una de estas pilas de seis celdillas o compartimientos, que es el modo mas usual y cómodo de construírselas. El platino de cada vaso se liga con el zinc del siguiente. A los extremos del circúito se atan respectivamente alambres al platino de una celda y al zinc de la otra, sirviendo el primero para la electricidad positiva y el otro para la negativa. Su mérito principal sobre las otras pilas, está en la absorcion del hidrógeno que se desprende, en el gran poder conductor de los flúidos usados, y en la facilidad con que descompone el ácido nítrico.

Fig. 310.



897. La *pila de Bunsen*, dicha tambien *pila de carbon*, fué construida con la mira de sustituir el platino, un artículo costoso, por cilindros de carbon. Se prepara este, cociendo al horno en moldes una mezcla de coke y de hulla grasa bien pulverizada y comprimida. Por lo demas, es en un todo parecida a la pila de Grove, aunque generalmente de menor fuerza. Otro inconveniente es el gran consumo de ácido nítrico que necesita y los vapores nitrosos bastante molestos que esparce. Posteriormente a su invencion por el Profesor Bunsen, de Maburgo, ha sido mejorada considerablemente por Deleuil, de Paris, y el Profesor Silliman, de New Haven, en los Estados Unidos.

898. Pilas secas.—Se obtiene tambien débiles corrientes galvánicas, comprimiendo un gran número de discos de papel de cobre y de zinc (llamados a veces papeles dorados y plateados), que se colocan apretadamente espalda con espalda en un tubo de vidrio barnizado, a la manera de la pila de columna de Volta antes descrita (§ 886), obser-

siste la pila de Grove y que ventajas ofrece? 897. Qué economia ha obtenido Bunsen con la pila de carbon? 898. Qué son las pilas secas y como se las forma? Qué efecto

vándose el mismo órden de colocacion. Las mas conocidas de estas son las de Zamboni y de De Luc, que constan de miles de pares de estos discos de hojas plateadas o estañadas del tamaño de una peseta, y que terminan por uno y otro extremo en un disco de cobre, que se aprieta con hilos de seda, a fin de establecer mejor los contactos o polos. Los cuerpos electro-motores vienen a ser aquí el estaño, plata, etc., y el bióxido de manganeso o miel que se les unta del otro lado.—Por este medio, se consigue una corriente débil, pero de larga duracion, de años; pues mediante la vibracion de un péndulo eléctrico, sucesivamente atraido y repelido entre las columnas, se ha estado tocando incesantemente campanillas seis y hasta ocho años consecutivos.

899. Teoría de la pila Galvánica.—Veamos ahora como se desarrolla la electricidad por la pila galvánica. Ya hemos notado (§ 885) cuales eran las opiniones sostenidas al principio por Galvani y Volta; y no teniendo espacio para dilucidar las ideas mas o menos variadas de eminentes físicos modernos sobre la materia, nos limitarémos a exponer la simple teoria de la accion química, como es comprendida mas generalmente.—Tomemos, por ejemplo, el aparato de un solo líquido de Volta. Cuando se sumerge las planchas de zinc y de cobre en agua acidulada, y se establece una comunicacion entre ellas, el agua se descompone en sus elementos, el oxígeno y el hidrógeno. El oxígeno se combina con el zinc, acia el cual tiene una gran afinidad, y forma el óxido de zinc; mientras que el hidrógeno aparece en el cobre en la forma de pequeñas burbujas. Como consecuencia del cambio químico producido en su superficie, el zinc comunica su electricidad positiva al líquido, y se queda electrizado negativamente. El cobre, que no es actuado por el líquido como el zinc, atrae la electricidad positiva de este y se electriza positivamente. El ácido mezclado con el agua tiende a disolver el óxido de zinc tan pronto como se forma, y de este modo mantiene descubierta una superficie del metal expuesto al líquido.—La teoría química su-

producen? 899. Cuál es la teoria comun de la pila galvánica? 900. Cuál es la

pone, pues, que la corriente eléctrica sea la recíproca de la accion química en las celdas de la pila, y que esta accion es esencial a la produccion de una tal corriente.

De la Rive ha demostrado evidentemente este último pnnto. Un par de planchas, una de oro y la otra de platino, fué sumergido en puro ácido nítrico, sin causar desarrollo alguno de corriente; mas echando una sola gota de ácido clorhídrico, se obtuvo una corriente decidida del oro al platino a traves del liquido. En el primer caso, no ocurrió accion química; y en el segundo, el oro fué atacado, y el platino no lo fué, o lo fué menos.

900. *Nomenclatura galvánica.*—El Dr. Faraday ha introducido algunos términos en la ciencia eléctrica, que han sido adoptados mui generalmente por su conveniencia y la ausencia de todo espíritu teórico. Tales son la palabra *eléctrodo*, en vez de *polo*, que hemos estado usando para los alambres extremos de una pila, y a cuya expresion Davy y otros físicos parecian atribuir la significacion de una cierta fuerza atractiva que estos poseyeran, a la manera del polo de un iman. El eléctrodo significa simplemente el camino o puerta (del griego, *odos*) por la cual una corriente voltaica entra o deja una sustancia.—*Anode* es la superficie del cuerpo receptor de una corriente, o el lado positivo de la séric; y viene de *ana*, para arriba o como el sol se levanta, y *odos*, un camino.—*Catode* es aquella superficie del cuerpo de la cual sale una corriente acia el lado negativo de la serie (de *Kata*, para abajo, y *odos*).—*Electrólito* es una sustancia capaz de separacion en sus elementos constitutivos por influencia de una série voltaica (de *electron* y *luo*, soltar). De aquí nacen tambien la *electrólisis*, o el acto de la descomposicion; y como derivados de ella, *electrolizados* y *electrolizables*.—*Iones* expresan los elementos en que se resuelve un electrólito por la corriente. Estos pueden ser *aniones*, o elementos formados en el eléctrodo positivo, y *caciones*, que resultan en el eléctrodo negativo.

901. *Diferencia entre la electricidad estática y la electricidad dinámica.*—La electricidad desarrollada por la pila, dicha dinámica o voltaica, y la que se desprende por la friccion, o estática, aunque son de una misma especie, contienen diferencias notables.

---

nomenclatura de Faraday para este ramo de la ciencia eléctrica? 901. Señalad las

1°. La electricidad desarrollada por la friccion es mucho mas intensa, mientras la producida por la accion química es mucho mayor en cantidad. Un simple círculo galvánico, por ejemplo, desarrolla tanta electricidad en tres segundos, como la que acumularian en una pila de botellas de Leyden treinta vueltas de una poderosa máquina de platillo; mas es tan débil esta electricidad voltaica, que una persona que la reciba en su cuerpo apenas se apercibe de su pasage, cuando la misma cantidad resultante de las botellas de Leyden bastarian a quitarle la vida. Se necesita una batería galvánica de cincuenta pares de discos (no importa su tamaño) para afectar un delicado electróscopo, y una de cerca de un mil de pares para hacer divergir las esferas de saúco.

2°. El flúido voltaico no pasará por un medio aislado, lo mismo que la chispa eléctrica; y una vez interrumpido el circúito de aquel, toda accion cesa al instante. Podrá recorrer miles de millas sobre conductores de alambre, pero no saltará una cortadura de un quintécimo de una pulgada.

3°. Los efectos químicos del flúido voltaico son incomparablemente mayores que los de la electricidad estática. La pila galvánica produce el mas intenso calor, y descompone facilmente las sustancias compuestas, lo que no sucede con la máquina eléctrica. Una pila ordinaria basta para descomponer un grano de agua en oxígeno e hidrógeno; y para obtener igual resultado con la electricidad estática, seria preciso emplear una máquina con un platillo de centenares de pies, que produjese una fuerza igual a la de un golpe de rayo.

Efectos de la pila voltaica.

902. EFECTOS QUÍMICOS.—*Descomposicion.* Los efectos de la corriente voltaica pueden tambien clasificarse como *químicos*, *luminosos* y *caloríficos*. Comenzando por los primeros, el mas singular y maravilloso de los efectos químicos es la descomposicion de las sustancias compuestas, por medio del circúito voltaico o galvánico, y a cuyo descubrimiento se debe en gran parte el gran progreso hecho ultimamente en la ciencia química, y su aplicacion a las artes con resultados sorprendentes.

En efecto, todo compuesto puede resolverse en sus elementos por la accion de la pila galvánica; y es un hecho mui curioso, que de estos elementos así descompuestos, unos buscan el eléctrodo positivo, y otros el negativo: de donde han recibido los nombres de *electro-positivos* los primeros, y *electro-negativos* los segundos. De este modo, se

---

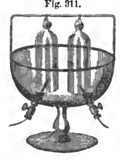
principales diferencias entre la electricidad estática y la galvánica con sus respectivas demostraciones. 902. En qué se dividen los efectos de la pila? Cuál es su primer

coloca el oxígeno, el cloro, el iodo y los ácidos entre los elementos electro-positivos; y el hidrógeno, los óxidos y los álcalis entre los electro-negativos. Todo compuesto químico puede ser considerado como si estuviera poseido de los elementos negativos y positivos, que se mantienen unidos por la atraccion eléctrica.

903. *Su descubrimiento.*—Inmediatamente despues de haber comunicado Volta su descubrimiento de la pila, Nicholson y Carlisle construyeron la primera pila en Inglaterra, que se componia de 36 medias coronas, con otros tantos discos de zinc y de carton fuerte empapado en agua salada. Habiendo observado que se levantaban burbujas de gas, al sumerjirse en el agua los alambres de esta pila, Nicholson los metió dentro de un tubo de vidrio lleno de agua, y el 2 de mayo de 1800 habia realizado su famosa invencion, de que la corriente voltaica tenia la virtud de descomponer el agua y otros compuestos químicos. Estimulados por tan bello resultado, otros químicos y físicos repitieron en varias partes el experimento, perfeccionando el método de separar los gases oxigeno e hidrógeno. La teoria química de la pila originalmente dada a luz por Fabbroni, un compatriota de Volta, fué sostenida con calor por Davy, quien de simple dependiente de botica se elevó a un profesorado en el Instituto Real de Londres, en 1801. Allí fué, donde experimentando con la pila galvánica en el laboratorio de esta institucion, vino a hacer el memorable descubrimiento (1807) del potasio, la base metálica de la potasa, ántes considerada como elemento simple; y poco despues, estableció el asombroso hecho de que todas las tierras y álcalis (la misma costra de la tierra), tambien creidos entonces como simples, no eran sino óxidos de metales, cuya existencia no se habia siquiera sospechado.

904. *Electrólisis del agua.—Voltámetro.*—La descomposicion del agua, o electrólisis, constituye el mejor ejemplo del efecto químico de la pila. El agua es un compuesto de los gases oxígeno e hidrógeno, en la proporcion de una medida o volúmen del primero a dos del último. La descomposicion se efectua de esta manera con el aparato de la fig. 311. Una gran vasija de vidrio, con un pié de madera, sostiene en sus bordes un arco o aparador, del cual hai suspendidos dos tubos para recibir los dos gases que se desprenden. Componiéndose el agua de dos partes de hidrógeno para una de oxígeno, uno de los tubos o receptáculos debe ser mayor que el otro. En el fondo de la vasija hai dos orificios, cada uno de ellos con rebordes atornillados, por los cuales pasan los eléctrodos de la pila, y que van a rematar por dentro en unos alambres con pedazos de platino, metidos

Fig. 311.



efecto químico? 903. Cómo se descubrió la propiedad descomponente del circúito galvánico? Qué resultados se siguieron de él? 904. Cómo se efectua la electrólisis

en los mismos tubos receptores de los gases. Llenándose de agua la vasija y los tubos receptores, y poniendo en accion la pila, comienza a efectuarse la descomposicion; y el oxígeno pasa al eléctrodo positivo (que debe introducirse en el tubo mas pequeño), y el hidrógeno al negativo. Como el agua no es un buen conductor de la corriente voltaica, se facilita la operacion poniéndole un poco de ácido sulfúrico; y para hacer mas rápida la electrólisis debe aumentarse el número de pares en la série, a fin de vencer con la mayor tension la lenta conduccion y afinidad química del electrólito.

Cuando se emplea un solo tubo para cubrir ambos eléctrodos, puede medirse totalmente el efecto eléctrico por la graduacion en el tubo, siendo la *cantidad de gases emitidos en cierto tiempo proporcional a la cantidad de electricidad que pasa en la corriente*, segun la lei de Faraday. Si se aplica una luz al contenido de este tubo, causará una explosion, como si la atravesara una chispa eléctrica. Un instrumento como este se denomina el *voltámetro*. Su forma mas sencilla es la de una botella comun llena de agua ácida, con eléctrodos de platino que pasan por el corcho y rematan en dos pedazitos de platino, y un tubo corbo que emite los gases a medida que se van acumulando por efecto de la electrólisis.

Fig. 312.



905. *Electrólisis de las sales.*—La descomposicion de las sales neutras se realiza con un aparato como él de la fig. 312. Un tubo de vidrio encorvado en la forma de una V (mas comunmente en la forma de U), lleva a uno y otro extremo un corcho, por los cuales pasan los alambres de la pila, que van a terminar por dentro en unas laminitas de platino. Se llena este tubo de una solucion de sulfato de sosa, o cualquiera otra sal neutra, colorada de azul con una tintura de violeta, y se la somete a la accion de la pila. Apenas se ha establecido una corriente por el líquido de un eléctrodo a otro, cuando aquel comienza a descomponerse; lo que se advierte en el cambio de color que se produce, pues el líquido se pone enrojecido al rededor del alambre positivo, indicando el desprendimiento de un ácido, y verde al rededor del negativo, por la presencia de un álcali. Si se traspone los alambres del negativo al positivo, al instante el rojo y el verde toman el color azul, y a poco el que era rojo se vuelve verde, y *vice versa*.

906. *Anillos de Nobili.*—Descomponiendo las sales por la pila, obtuvo Nobili sobre las placas metálicas anillos sumamente brillantes. Para obtenerlos, se coloca en el fondo de una disolucion de acetato de plomo o de sulfato de cobre una placa metálica, que comunica con el eléctrodo negativo de una débil pila; luego se cierra la corriente con un alambre de platino, que se une con el eléctrodo positivo, y se introduce en la disolucion perpendicularmente a la placa, de modo que se acerque bastante a ella. Depositanse entonces delante de la punta anillos de una coloracion mui viva, que varia con la sal en disolucion y con la naturaleza de las placas.

907. *Arbol de Saturno.*—Los antiguos alquimistas sabian que ciertos me-

---

del agua? Qué es un voltámetro y que forma tiene? 905. Describid el procedimiento de separar las sales por la pila. 906. Cómo se forman los anillos de Nobili?

tales, como el oro, la plata, el cobre, el plomo, etc., eran precipitados de sus soluciones y depositados en su condicion pura, o *regulina*, cuando otro metal estaba presente, y aun a veces sin esto. Así tenian el árbol de plomo (*arbor Saturnæ*), el árbol de estaño (*arbor Jovis*), y el árbol de plata (*arbor Dianæ*), llamados de este modo a causa del aparente crecimiento de estos metales dentro y por efecto de sus mismas soluciones, en la forma de árboles. Este fenómeno se explica ahora claramente como un depósito voltaico.

Una solucion de clórido de oro en éter, va depositando lenta y espontaneamente unos cristales de fino oro, con la apariencia de una fina vegetacion musgosa; y Liebig ha mostrado la manera de preparar una solucion de plata, en que haciendo uso de un aceite esencial como agente precipitante, formará sobre el vidrio una delgada capa trasparente de plata, y tan brillante que refleja aun la luz mejor que el mas buen espejo de mercurio. Una solucion diluida de acetato de plomo (media onza para un cuarto de agua llovida), trasporta todo su plomo a una lámina de zinc colgada en la botella que la contiene, bajo la forma de elegantes planchas cristalinas, o sea un *árbol de Saturno*. Del mismo modo, una solucion diluida de nitrato de plata presto deposita sobre el mercurio toda su plata, formando una especie de árbol, dicho el *arbol de Diana*. En uno y otro caso, esto es el efecto de verdaderos circúitos voltaicos; mientras que en los primeramente citados, el hidrógeno parece suplir la falta de un segundo elemento para efectuar la corriente.

908. ELECTRO-METALURGIA O GALVANOPLASTIA.—La descomposicion de las sales por la pila ha recibido una aplicacion mui importante en la *galvanoplastia*, o sea el arte de modelar los metales precipitándolos de sus soluciones salinas por la accion lenta de una corriente eléctrica. Inventaron este casi simultaneamente Mr. Spencer, en Inglaterra, y M. Jacobi, en Russia, en 1838. Cuando la operacion consiste en recubrir metales inferiores de una ligera capa de oro o plata, la galvanoplastia toma el nombre de *dorado* o *plateado galvánico;* mas si por ella no se trata ya solo de hacer adherir una capa metálica a la superficie sobre que se precipita la solucion, sino sacar una copia de ella para removerse a voluntad, entonces el procedimiento se llama *electrotipia.*

909. *Electrotipia.*—Las operaciones de la electrotípia pueden variar algo en los detalles y aparatos que se empleen, pero el principio es el mismo para todos los procedimientos. Toda solucion metálica compuesta se descompone, haciendo pasar por ella una corriente voltaica, con lo cual el metal puro es

---

907. Qué llamaban los alquimistas un árbol de Saturno, etc., y como se esplica hoi? Mostrad el procedimiento para realizarlos. 908. Qué es la galvanoplastia? Cuándo se llama plateado y cuándo electrotipia? 909. Cuáles son los principios que sirven

atraido al eléctrodo negativo, mientras la sustancia ántes combinada con él, va al positivo. Para reproducir por eso una medalla, un grabado, o cualquiera otra sustancia conductora, no hai mas que suspenderla al eléctrodo negativo, y el metal solicitado no hará mas que ir depositando lenta y constantemente encima de su superficie una especie de textura firme y flexible. Toda pila no viene a ser así mas que un baño electro-metálico.

De esta manera se obtiene el reves de las copias con las mas mínimas desigualdades y elevaciones que haya en la superficie del original, cada proyeccion de esta estando representada por indentaciones correspondientes en la copia. Si es una copia exacta de relieve, y no en reverso, lo que se trata de conseguir, es preciso sacar un molde del original en cera o yeso, y someterlo al mismo procedimiento descrito. Mas para que este baño metálico pueda efectuarse, la sustancia ha de ser una buena conductora; y si el objeto que va a copiarso no es tal, es preciso dotarle de esta propiedad, esparciéndole encima un fino polvo de carburo de hierro (lápiz-plomo). Si, por el contrario, hai una parte que no se quiere reproducir, debe cubrírsela con un barniz que es un no-conductor. Para que la copia pueda desprenderse facilmente del original, debe frotarse la superficie de este con el mismo polvo de lápiz-plomo.

910. *Método de electrotipear.*—El siguiente procedimiento es el mas fácil y generalmente adoptado:—Se llena una artesa con una solucion de sulfato de cobre, y encima se pone dos varillas de madera paralelas y un poco aparte. A largo de una de ellas corre el alambre positivo de la pila, y el negativo de la otra. Se suspende del alambre positivo y dentro del flúido el objeto que se va a copiar, y una placa de cobre del alambre positivo. El sulfato de cobre se compone de ácido sulfúrico y de cobre. Cuando empieze a operar la pila, el flúido se descompone o precipita; y el cobre pasa al eléctrodo negativo y va a depositarse sobre el objeto a que está unido. El ácido sulfúrico pasa a la placa de cobre, y combinándose forma el sulfato de cobre, suministrando de este modo una solucion metálica constante y que no se debilita por efecto del agotamiento de la cantidad primitiva.

911. *Usos de la electrotipia.*—El arte de la electrotipia es hoi empleado de varias maneras, y nos presta un ejemplo práctico de lo que valen las ciencias abstractas en sus relaciones a los fines y necesidades de la vida social. Hasta cierto punto, la electrotipia ha sustituido el estereotipado para la preparacion de las planchas o formas sobre que se imprimen libros, mapas, cartas geográficas, etc. Siendo mas duras las planchas de cobre que las del metal de que se hacen los tipos, se puede imprimir sobre ellas un número mucho mas grande de ejemplares, y se las prefiere por esto para la impresion de aquellas obras destinadas a una circulacion mui extensa, abaratando así su precio. Asentados los tipos, se saca un molde en cera de cada página, y echándole encima una capa de carburo de hierro, se le somete a la operacion descrita, hasta formar en la superficie una costra delgada, la cual se llena y refuerza despues con metal de tipos de un espesor suficiente para que se imprima con ellas. Este libro está impreso sobre planchas electrotipadas.—Del mismo

---

de base a la electrotipia? Qué condiciones requiere para que tenga efecto? 910. Describid el método de electrotipear. 911. Cómo se hace servir la electrotipia para im-

modo puede reproducirse grabados en cobre y madera, sacando sus lineas y puntos salientes con la mayor perfeccion. Los originales se guardan, y solo se usan los duplicados para la impresion. Multiplicando así las copias, lo que se verifica con poco o sin daño alguno de la cara del original, se puede tirar el número de ejemplares que se quiera. Por un procedimiento semejante, se obtiene fac-similes perfectos de hojas de plantas, de alas de insectos, y aun de animalitos enteros y de daguerreotipos.

912. *Dorado o plateado galvánico.*—Antes de conocer la descomposicion de las sales por la pila, se doraba por medio del mercurio. Amalgábase este metal con el oro, y luego se aplicaba la amalgama sobre la pieza que habia que dorar; elevando entonces la temperatura de un horno, se volatilizaba allí el azogue, no quedando mas que el oro bajo la forma de una capa mui delgada sobre los objetos dorados. Igual procedimiento se seguia para el plateado; mas como era mui costoso e insalubre en ambos casos, se le sostituye ahora por el galvanismo. En el dorado por la pila, la capa metálica que se ha de depositar sobre los objetos que se va a dorar, es mucho mas delgada y adherente que en la electrotipia. Brugnatelli, discípulo de Volta, parece haber sido el primero que en 1803 observó que se podia dorar con una pila y una disolucion alcalina; pero a M. de la Rive pertenece el mérito de haber aplicado primero la operacion de dorar y platear por medio de la pila. Otros físicos han ido perfeccionando despues este útil procedimiento.

Las piezas que van a dorarse deben someterse a dos preparaciones, que son el *recocido* y la *limpiadura.* Por la primera se calienta las piezas para quitarles las materias grasas, que las impregnan por efecto de manipulaciones previas; y como dichas piezas son ordinariamente de cobre, durante el recocido la superficie se cubre de una capa de protóxido y de bióxido de cobre que es preciso separar. Introdúcense al efecto las piezas aun calientes en un baño de óxido nítrico mui diluido en agua; se las lava en seguida con agua, y se las lleva a un segundo baño formado de ácido nítrico y de ácido sulfúrico en pesos iguales. Al salir de este baño, se introducen las piezas en otro compuesto de ácido nítrico y de un poco de cloruro de sodio, y por fin se las lava en agua destilada.—Así preparadas las piezas, se las suspende del eléctrodo negativo de una pila, y se las sumerge en un baño de oro, donde se las mantiene mas o menos tiempo conforme al espesor de la capa que se les quiera dar.

El mismo procedimiento se aplica para el plateado galvánico, con la diferencia solo de la composicion del baño, que varia un tanto en los compuestos químicos que entran en él. Del eléctrodo positivo está suspendida una placa de plata que impide se empobrezca el baño, y en el negativo estan las piezas que hai que platear, bien limpias.

913. *Leyes de la electrólisis.*—El pasaje de la corriente voltaica encuentra cierta resistencia con cada elemento añadido al circuito, como tambien en la mayor longitud del conductor: una propiedad del circuito compuesto ya indicada en el § 824. Ohm, de Berlin, demostró primero de un modo mate-

---

primir libros, etc.? Cómo para la reproduccion de grabados, etc.? 912. Cómo se doraba y plateaba ántes? Describid el procedimiento galvánico de dorar y platear.

mático la lei de la electricidad en la pila compuesta. Como el aparato se compone unicamente de conductores de distintas propiedades retardantes, la corriente eléctrica tiene que pasar no solo a traves de los alambres comunicadores de un polo a otro, sino tambien por todo el aparato, ofreciéndose a su tránsito una resistencia interior y otra exterior.

Dejando al electropista práctico el estudio de las condiciones que retardan o aceleran la corriente galvánica, creemos de importancia añadir algunas leyes generales deducidas por Faraday, despues de experimentos repetidos sobre la electrólisis, cuyo valor no ha sido disputado hasta ahora.

1°. La cantidad de un cierto electrólito, que se precipita en sus elementos constituyentes por una corriente de electricidad, depende solo de la suma de electricidad que lo atraviesa, y es independiente de la forma del aparato empleado, el tamaño o dimensiones de los eléctrodos, la fuerza de la solucion, u otras circunstancias. De lo que resulta, que la suma de agua descompuesta en un tiempo dado en el voltámetro, es la medida exacta de la cantidad de electricidad puesta en accion.

2°. En todo caso de electrólisis, se separan los elementos en proporciones equivalentes o atómicas, y cuando la misma corriente pasa en sucesion por varios electrólitos en el mismo circúito, toda la série de elementos desprendidos o sueltos estan entre si en proporciones atómicas. Faraday infiere de esto, que la suma de electricidad requerida para disolver una combinacion química, está en proporcion constante a la fuerza de la afinidad química por que estan unidos sus elementos.

3°. La oxidacion de un átomo de zinc en la pila, genera precisamente tanta electricidad como es necesaria para precipitar un átomo de agua en sus elementos. Así 8.45 granos de zinc disueltos en la pila, ocasionan la electrólisis de 2.35 granos de agua. Pero estos números estan en la proporcion de 32.5 : 9, equivalentes respectivos del zinc y del agua. De donde se deducen los siguientes corolarios: *primero*, que el manantial de electricidad voltaica en la pila está unicamente en la accion química; y *segundo*, que las fuerzas llamadas afinidad química y electricidad, vienen a ser una misma cosa.

914. *Proteccion de los metales.*—Se ha aplicado la electricidad voltaica para protejer de la corrosion las superficies metálicas. Si un metal es atacado por un ácido o solucion salina, no habrá mas que sumergirlo en el líquido de algun otro metal que actúe mas facilmente sobre él, y cerrar el circúito, comunicando a ambos, con lo que cesa la accion química sobre el primer metal y se trasfiere al otro.

Fundado en este principio, propuso Davy que se protejiese de la accion del agua los forros de las naves, poniendo sobre el cobre, de distancia en distancia, tiras de zinc. El resultado fué mui favorable, pues preservaba completamente de la corrosion el cobre, mas ofrecia el inconveniente de que, no desenvolviéndo ya la corrosion sus propiedades venenosas, se adherian a los fondos los escaramujos, las algas marinas, etc., haciendo mas pesada y lenta la marcha del buque.

---

913. Qué se opone al pasaje de la corriente voltaica? Exponed las leyes de la electrólisis segun Faraday. 914. Qué aplicacion se ha hecho de la electricidad galvánica

915. Efectos luminosos.—Cerrando o cortando el círculo galvánico, es decir, poniendo en contacto o separando los alambres de una pila, pasa una chispa viva del uno al otro, la cual, con una batería de suficiente fuerza, se puede aumentar de tal modo que produzca la luz mas brillante que se conozca en la forma de un arco; y que se llama por esto la *luz* o *arco voltaico.*

Para producir esta luz, se comunican los eléctrodos de una fuerte pila con los alambres o ramajes de un escitador universal (§ 848), fijando a las extremidades de aquellos unas puntas de carbon o pedazitos de gráfito cortados como un lápiz. Poniéndose despues en accion la pila, se hace que se toquen las puntas de carbon, y se las separa luego gradualmente a una poca distancia, apareciendo entonces en el intermedio un brillante penacho de luz arqueado, de un color blanco y violado ligero, de una intensidad casi insoportable.

El arco voltaico es mas ancho acia el centro, y la longitud de la llama varia con el poder de la pila empleada, midiendo de cuatro líneas a cuatro pulgadas. Sin el previo contacto de los puntos no podrá producirse la luz eléctrica, pues siendo el aire un aislador se rompe el circúito. En el vacío no ocurre esta circunstancia, y Despretz afirma que con una fuerte pila, se puede formar en él a alguna distancia el arco voltaico, sin contacto previo; y aun en el aire, poniendo cerca los puntos, se hace pasar de uno a otro la descarga de una botella de Leyden.—Que la luz eléctrica no es producida por la combustion, lo demuestra el hecho de existir, con mas brillo todavía, en el vacío, en una atmósfera de nitrógeno y ácido carbónico, y aun a veces en el agua. La produccion de esta luz va acompañada de fuerte sonido chillador y precipitado, que es efecto del desprendimiento y trasporte mecánico de las partículas de carbon del eléctrodo positivo al negativo, por el cual va disminuyendo en longitud el primero, o toma la forma de una copa, mientras el segundo se alarga.

916. *Propiedades de la luz eléctrica.*—Como la luz solar, no se polariza; puede causar la explosion de una mezcla de hidrógeno y cloro, y actua sobre el cloro de plata y otras preparaciones fotográficas. Del mismo modo opera sobre los cuerpos hechos fosforecentes por el sol. En 1841, Silliman sacó daguerreotipos con ella, y es preferida actualmente a la luz solar para tomar fotografías microscópicas.

La intensidad de la luz eléctrica depende mas bien del tamaño de las placas metálicas, o de las piezas de una pila, que de su número, es decir, que consiste mas en la cantidad que en la intensidad de la corriente eléctrica.

---

para la preservacion de los metales? 915. Qué es el arco voltaico y como se le produce? 916. Cuáles son las propiedades de la luz eléctrica? Cómo compara su luz con

Fizeau y Foucault han hallado, por medio de un fotómetro, que la luz producida por una pila de 92 pares, colocados en dos séries de a 46, puede compararse con el haz solar, y tambien con la luz oxido-hidrógena o de Drummond. En un dia claro de Agosto, dos horas despues de la salida del sol, la luz eléctrica, tomando por unidad el sol, estaba en la proporcion de 1 : 2.59, esto es, el sol daba dos y medio veces mas claridad, mientras la luz de Drummond representaba solo $^1/_{146}$ de esta suma.

Desde que se ha introducido el uso de pilas poderosas y constantes, no es difícil ya el empleo de la luz eléctrica para objetos científicos y económicos; mas el gran costo que ocasiona el platino y otros elementos necesarios para mantener una corriente continua, será siempre un obstáculo para su adopcion en el alumbrado de las calles, como se ha propuesto. Se ha inventado aun *reguladores* a propósito para hacer permanente la luz, acercando los eléctrodos en proporcion que se vayan consumiendo. Tales son los aparatos de Deleuil y de Duboscq, que se describen en los tratados de Química.

917. Efectos caloríficos.—La pila es capaz de producir el mas intenso calor, así como causa la mas brillante luz, que se conozca. Interpóngase las mas duras sustancias a traves del arco voltaico, o entre los dos eléctrodos que cierran el circúito de una poderosa pila, y seran incendiadas o fundidas al instante. El platino que resiste el mas intenso calor de una hornaza, se derrite como cera en la llama de una bugía. Así tambien volatiliza y funde el carbon, un hecho anunciado primero por Silliman en 1822, y confirmado despues por Despretz. Este último logró (por medio de una pila de carbon de 600 pares y ayudado de un soplete de gas óxigeno e hidrógeno y el sol de medio dia focalizado por una lente ustoria), volatilizar el diamante, fundir la magnesia y la sílice, y aun ablandar el antracita. Bien deja suponerse, por esto, que los cuarzos, las piedras preciosas, las tierras, y todos los compuestos mas refractarios, ceden facilmente a la luz eléctrica. Finas hojas de metal, sometidas a la accion de una pila, arden con gran brillantez y belleza, y producen llamas de diversos colores. El oro y el zinc arden con una viva luz blanca, la plata toma un verde de esmeralda, el cobre y el estaño un pálido azul, el plomo un brillante purpurino, y el acero de un muelle de reló centellea.—El calor de la pila, como su luz, depende tambien del tamaño de las placas, y no de su número.

---

la del sol? Es posible aplicarla a usos económicos? 917. Señalad los efectos calorífi.

El efecto calorífico de la pila se demuestra con experimentos sobre alambres de varios metales colocados entre los dos eléctrodos. Estos alambres se calentarán inmediatamente; y si no son mui largos, se harán ascuas. Reduciendo su largura, se pondran al blanco soldante; y acortándolos mas, se pueden incendiar o fundir. En los experimentos con diversos alambres metálicos de un mismo grueso y longitud, los que son mejores conductores se calientan menos, porque ofrecen menos impedimento al paso de las corrientes. Un alambre de platino, uno de los peores conductores, sumerjido en una corta cantidad de agua, entre dos eléctrodos, la hace hervir; y el mismo basta para incendiar el fósforo, el éter y el alcohol en iguales casos. Naturalmente, la pólvora no resiste el contacto de este alambre, y sirve por esto para encender minas y baterías submarinas. Por este medio se ha prendido con perfecta seguridad una carga de pólvora capaz de levantar 600,000 toneladas de roca, estando el aparato a un quinto de milla del lugar.

918. Efectos fisiológicos.—El efecto singular del flúido galvánico sobre los nervios y músculos de los animales, como queda visto, fué el primer paso dado en la ciencia del galvanismo, y el estudio de este fenómeno ocupó mucho la atencion de los físicos. Ya habian notado previamente Swammedam y Sulzer la estraña sensacion producida por el contacto de dos metales sobre la lengua (§ 887).—Cuando asimos, uno en cada mano, los eléctrodos de una pila de 50 pares, sentimos un dolor agudo en el codo, y a veces en la espalda, como si se dislocaran las coyunturas. Esta sensacion continúa mientras tenemos los eléctrodos en las manos, y cuando los asimos primero o los largamos, la experimentamos tan súbita y viva, que la llamamos por eso un *choque*. Muchas personas pueden sufrirlo a la vez con juntar antes las manos un poco húmedas. Una débil corriente que pase por los ojos causa una llamarada ténue; pasada por los oídos, produce un sonido rujidor; y si por la lengua, un sabor metálico.

Los efectos de la pila galvánica sobre el sistema animal, a diferencia de los efectos luminosos y caloríficos, dependen del número de placas o pares empleados en la pila, mas bien que del tamaño de estos, esto es, de la intensidad y no de la cantidad producida. Una pila de varios centenares de pares podria ocasionar la muerte. Otra de cien pares causa un choque que pocos resistirian por segunda vez, aunque siendo pequeñas las placas, no harian efecto sobre los alambres puestos entre los eléctrodos. Poned la misma pro-

---

cos de la luz eléctrica. Cómo se les demuestra? 918. Cuáles fueron los primeros efectos fisiológicos notados, y cómo se les demuestra ahora? De qué depende el

porcion de superficie metálica en unos pocos pares de grandes láminas, y la misma pila bastaria para fundir instantáneamente los alambres sometidos a su accion, mientras apenas seria sensible el choque.

919. *Galvanismo medicinal.*—Parece haber una analogia notable entre la corriente voltaica y el sistema nervioso. Se ha hallado por experimento, que cuando se divide un nervio y se hace pasar una corriente galvánica por la parte en que se extiende, recupera aquel hasta cierto punto su vigor. De este modo, aquella porcion del cuerpo humano atacada de parálisis por falta de energía en los nervios, podria ser restablecida a su accion ordinaria. Si son, por ejemplo, los nervios del estómago los que se dividen, la digestion cesa; mas sometiéndolos a la influencia galvánica, podria ser que el estómago funcionase de nuevo. Así se ha aplicado el galvanismo, con algun éxito a veces, para la cura del astma, la parálisis y otras enfermedades provinientes de una postracion en el sistema nervioso.

920. *Experimento galvánico notable.*—No há muchos años a que se hizo un experimento mui notable en la ciudad de Glascow. El cadáver de un asesino que habia sido ahorcado, fué sometido, una hora y cuarto despnes de muerto, a la accion de una pila que constaba de 270 pares con placas de a cuatro pulgadas. Se le aplicó uno de los eléctrodos al meollo espinal en la nuca, y el otro al nervio ciático en la cadera izqnierda, y todo el cuerpo se convulsionó con un tremor violento, como si tiritara de frio. Cuando se le cambió uno de los alambres del nervio ciático al de un talon, estiró la pierna con tal violencia que casi derribó uno de los operadores, que en vano trató de impedir el estiramiento. Dirigiendo despues la corriente al músculo principal de la respiracion, el pecho se levantaba y bajaba, como si respirara con gran trabajo. Así que se le tocó, con uno de los eléctrodos, el nervio debajo de las cejas y con el otro él del talon, hacia los visages mas raros: "Cada músculo de la cara, se dice, fué puesto en espantoso movimiento; manifestando a la vez sus facciones ya la rabia, el horror, la desesperacion, la angustia, o ya sonrisas espantosas." Varios espectadores fueron tan profundamente afectados por esta vista que tuvieron que retirarse, y una persona se desmayó aun. Durante el último experimento, el dedo índice, antes doblado, fue extendido instantáneamente, sacudiéndolo con violencia y con un tal movimiento convulsivo del brazo, qne parecia estar señalando alguna de las personas presentes, hasta convencer a algunos que habia vuelto realmente a la vida.

---

efecto de la pila en el sistema animal? 919. Cómo se ha aplicado el galvanismo a la medicina? 920. Narrad el experimento galvánico ejecutado sobre un cadáver.

Termo-electricidad.

921. Su orígen.—El descubrimiento de este manantial de corrientes eléctricas es debido a Seebeck, de Berlin, en 1822. El fué quien observó primero que dos metales de textura cristalina y poder conductor desiguales, una vez soldados juntos y calentándose o enfriándose en el punto de union o en que forman ángulo, producen una corriente eléctrica, que corre del dicho punto de contacto al metal que sea mas mal conductor. La electricidad desarrollada de esta manera se llama *termo-electricidad*; es decir, electricidad desprendida por el calor. El antimonio y el bismuto son los metales mas generalmente empleados para este experimento, porque manifiestan mejor este fenómeno.

922. *Pilas termo-eléctricas.*—Para producir una abundante termo-electricidad, se combina una cantidad de barras delgadas de antimonio y bismuto, o platino y hierro, que pueden colocarse en cualquiera de las formas representadas en la fig. 313, o tambien ponerse tendidas a lo largo con un grueso carton en el intermedio, para impedir que se toquen mas que en los extremos. Calentando los puntos de union en una extremidad, *a*, *a*, *a*, *a*, y enfriando los de la otra *b*, *b*, *b*, *b*, se efectua una corriente eléctrica, cuya intensidad es igual a la suma de intensidades de pares separados. Atando un alambre a la primera barra de bismuto y otro a la última barra de antimonio, se puede conducir donde se quiera esta corriente.

Fig. 313.

Si se desea formar treinta o cuarenta combinaciones de esta clase, se emplea delgadas barras metálicas ligadas alternativamente por sus extremos, y arregladas para mas comodidad en pilas paralelas de cinco y seis cada una. Una bateria de esta clase indica en las junturas cambios de temperatura tan pequeños que seria imposible percibir de otra manera,—hasta una centésima parte de un grado del termómetro. El calor de la mano basta para producir una ligera corriente eléctrica.

---

921. Qué es termo-electricidad y quien la descubrió? 922. Cómo está constituida y se opera la pila termo-eléctrica? 923. Qué se dice del magneto-electricidad?

923. A mas de la frotacion, la accion química y el calor, la electricidad se desarrolla tambien por el magnetismo, dadas ciertas condiciones; y lleva entonces el nombre de *magneto-electricidad*. Pero ántes de tratar esta materia, se necesita haber estudiado el *Magnetismo*, que vamos a considerar en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO XVIII.

MAGNETISMO.

924. EL IMAN es un mineral de hierro, llamado por los mineralogistas magnético, o hierro magnético, algunas especies del cual poseen la propiedad de atraer a sí pequeños fragmentos de igual clase, o de hierro metálico. Esta propiedad tomó el nombre de *magnetismo*, del nombre de la antigua ciudad de Magnesia, en Lidia, Asia Menor, en cuya vecindad se encontró primero este mineral. Se compone la piedra de iman de un equivalente de sesquióxido de hierro con uno de protóxido, que se expresa, en química, con la fórmula $Fe\,O + Fe_2\,O_3 = Fe_3\,O_4$.

La ciencia que trata de las leyes, propiedades y fenómenos del iman, se llama el *Magnetismo*.

Especies de imanes.

925. IMANES NATURALES.—Hai dos especies de imanes: *naturales y artificiales*. El primero es el mineral de hierro u óxido magnético ya descrito, que abunda en la naturaleza, y sobre todo en Suecia y Noruega, donde se le explota en gran cantidad por ser la mejor calidad que se conozca. Este iman tiene la propiedad de atraer las limaduras de hierro y

924. Qué es el iman y de donde le viene este nombre? Qué es magnetismo?
925. Cuáles son las calidades del iman natural y que otras sustancias las poseen?

las agujas o pequeñas barritas de hierro no imantado. Su textura es dura, y su color varia del prieto rojizo al pardo. A mas del iman, se ha hallado algunas propiedades magnéticas en el niquel, el cobalto, el cromo; y Cavallo ha demostrado que la aleacion de cobre llamado laton o metal amarillo, machacado con el martillo,se magnetiza ligeramente, pero pierde otra vez esta virtud por el calor. Hai otros minerales magnéticos, principalmente despues de calentados; y las tierras puras y aun el sílice, que contienen el óxido de hierro com binado, no pueden ser estrañas a esta propiedad. Algunas clases de mica de Siberia y Zinnwald tambien la poseen.

Ciertas combinaciones químicas pueden, con todo, destruir o cubrir la virtud magnética del hierro; como es el caso con la mezcla de una parte de hierro, y cuatro de antimonio, que Seebeck halló enteramente destituida de accion magnética. La calidad magnética del niquel está asi mismo oculta en la aleacion llamada plata alemana.

926. *Origen del magnetismo.*—La atraccion por el iman de las partículas de hierro, parece haber sido conocida de los griegos, chinos y otras naciones de remota antigüedad: y Homero y Aristóteles aluden distintamente a ella. Plinio menciona una cadena de argollas de hierro sostenida la una de la otra por la primera, que estaba hecha de piedra iman. Refiere él mismo, que Tolomeo Filadelfo se proponia construir un templo en Alejandria, cuyo techo habia de estar hecho de piedra iman, de modo que pudiera mantener en el aire por la atraccion la estatua de su reina Arsínoe; un designio que la muerte le impidió llevar a cabo. Empero, San Augustin habla mas tarde de una estatua que estaba colgada de esta manera en el templo de Serapis, en Alejandria.

927. *Distribucion de la fuerza magnética.*—La fuerza magnética no está igualmente distribuida en todas las partes del iman, y se halla concentrada principalmente acia los extremos, y va disminuyendo acia el centro, donde viene a ser neutral. Esto se demuestra rodando un pedazo o barra de piedra iman sobre limaduras de hierro; y se verá que estas se acumulan en las puntas, y las partículas que primero se adhieren tienen la virtud de atraer las otras, hasta que se forman grandes penachos en los extremos, quedando casi desnudo el medio. Los puntos sobre que se muestra mas esta tendencia atractiva, se llaman los *polos* del iman. El punto central donde no existe esta propiedad, se deno-

---

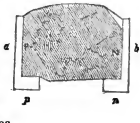
Cómo pierden a veces esta cualidad? 926. Conocieron el magnetismo los antiguos?

mina la *línea neutral.*—Si se parte una piedra iman, cada pedazo de ella es un perfecto iman, con sus polos ordinarios.

928. *Fuerza del iman natural.*—Un iman mui pequeño sostendrá muchas veces su propio peso de hierro. Se dice que Sir Isaac Newton llevaba en su anillo un pedazo de piedra iman de tres granos de peso, y que podia levantar 750 granos de hierro. Con todo, la fuerza atractiva del iman no aumenta proporcionalmente con su tamaño. Grandes pedazos de piedra iman jamas sostienen mas que cinco o seis veces su propio peso, y rara vez tanto siquiera. El iman mas poderoso que se haya conocido no levantaba mas de 310 libras.

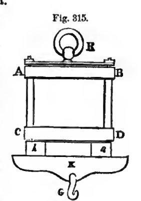
929. *Armadura.*—Se acrecienta la fuerza del iman natural, poniéndole verticalmente a los costados polares unas planchas delgadas de hierro dulce, que sobresalgan un poco y se doblen por debajo, como se ve en *a p*, *b n*, fig. 314. La fuerza atractiva queda concentrada entonces en *p* y *n*, que vienen a ser los nuevos polos. El iman montado de esta manera se dice estar *armado*, y se llama una *armadura* el marco en que se le coloca.

Fig. 314.



Para ajustar el marco propiamente, se le asegura con unos aros metálicos, A B, C D, fijos por todos lados (fig. 315); y para que pueda manipularse mas facilmente, se le pone una argolla, R, en la cima. Se aumenta mas todavia la fuerza del iman, uniendo sus polos con una barra atravesada de hierro dulce, K, llamada la *guarda* o *armadura*. Esta lleva un garfio para colgar platillos y pesas.

Fig. 315.



930. Imanes artificiales se forman por el contacto o influencia de una piedra iman o de otro iman, o por una corriente eléctrica. El acero endurecido retiene permanentemente esta in-

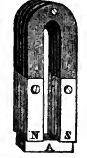
927. Qué son polos y línea neutral del iman? 928. Cuál es la fuerza del iman natural? 929. Qué es la armadura del iman, y cómo se la coloca? 930. Qué es iman ar-

fluencia, mientras que las masas de hierro dulce se magnetizan solo por el contacto o a cierta distancia de un iman permanente. Los imanes artificiales son mas poderosos que el iman natural, y poseen propiedades del todo idénticas a este. Un *iman artificial* no viene a ser, por tanto, mas que una barra o pedazo de acero o hierro que ha sido dotado de propiedades magnéticas.

931. *Clases de imanes artificiales.*—Los imanes artificiales se dividen, por su forma, en *barras magnéticas, imanes de herradura* y *agujas magnéticas* o *imantadas.* Los dos primeros son los mas poderosos, si estan hechos de varias piezas unidas y remachadas, en cuyo caso se denominan *imanes compuestos, o haces magnéticas.*

Fig. 316.

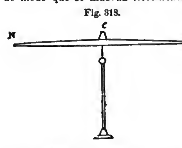
Fig. 317.



En la fig. 316 se dibuja una *barra magnética compuesta;* y en la fig. 317 un *iman de herradura.* N, S, son para marcar los polos. El iman de herradura tiene un *contacto* o armadura, A, que aumenta y retiene al mismo tiempo su fuerza; y en la cual debe guardársele mientras no se le use.

Las *agujas magnéticas* son unas barritas magnéticas mui leves (fig. 318), sostenidas por su centro en un eje o pivote, de modo que se muevan libremente horizontal o verticalmente; de donde les viene su nombre de *agujas horizontales* y *agujas verticales* o *de inclinacion.*

Fig. 318.



932. *Observaciones.*—Los imanes artificiales son mas eficaces y regulares en su accion que los naturales, y son por lo mismo preferibles para los casos de experimentos. El iman de herradura es mas poderoso que la barra magnética, y los mejores pueden sostener a lo mas, 30 veces su propio peso, generalmente mucho ménos; y se ha visto imanes de la primera clase de una libra,

tificial y cómo se le forma? 931. Cuántas clases hai de imanes artificiales? 932. Qué

que sostienen hasta 26½ libras.—Los polos del iman artificial se halla comunmente como a un décimo de una pulgada de las extremidades. En las barras magnéticas mui largas, a demas de los dos polos que se encuentran siempre en los extremos, se suele hallar otros dos polos mas acia el centro, y se llaman entonces *polos anómalos.*—Puede aumentarse la fuerza de un iman natural o artificial, añadiendo algo cada dia al peso que ya sostiene. Si un iman, por ejemplo, sostiene cabalmente dos libras de hierro, cargándolo gradualmente con un corto peso adicional de dia en dia, talvez llegue a sostener tres y aun cuatro libras. Por el contrario, si lo sobrecargamos, de modo que caiga la armadura, la fuerza del iman habrá sido debilitada. Cualquier manejo impropio, como si se machaca el iman, se le frota violentamente, o se le deja caer, tendrá el mismo efecto. El calor mengua tambien la fuerza del iman ; y cuando es calentado al rojo, lo pierde enteramente, aunque se enfrie despues.—El aire no es esencial para la accion del iman, pues se observan los mismos fenómenos en el vacío.

Propiedades del iman.

933. Atracciones y repulsiones.—La atraccion que ejerce el iman sobre el hierro es recíproca, lo cual es un principio general de todas las atracciones. Se comprueba esto, suspendiendo por un hilo una aguja magnética. Preséntesele una masa de hierro a cualquiera de sus extremidades, y la aguja será atraida acia él. Dicha atraccion magnética no se debilita obrando a traves de una sustancia delgada ; pues si se interpone una lámina de vidrio o un pedazo de carton entre el hierro y la aguja, esta será atraida del mismo modo.

934. *Curvas y figuras magnéticas.*—La distribucion de la fuerza magnética en los polos de un iman, se demuestra patentemente colocando una hoja de papel tieso sobre una barra magnética, y encima se le espolvorea algunas limaduras de acero. Bajo la influencia de la accion magnética trasmitida a traves del papel, se colocarán en líneas regulares, como se ve en la

---

observaciones hai que hacer sobre los imanes artificiales ? 933. Es recíproca la atraccion del iman ? Puede efectuarse esta a traves de sustancias delgadas ? 934. Qué son

Fig. 319.

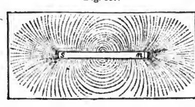


fig. 319. Se notará que estas líneas, llamadas curvas magnéticas, son mas numerosas, o las limaduras cargan con mas fuerza, acia los polos, pareciendo que convergen de ellos en todas direcciones: una prueba clara de la polaridad del iman, al mismo tiempo que de su penetrabilidad a traves de las sustancias delgadas.

Pueden formarse *figuras magnéticas* mui variadas, marcándo estas con una barra magnética sobre una plancha delgada de acero endurecido, como de un veinteavo a un octavo de pulgada de espesor y seis a doce pulgadas cuadradas. Magnetizado así el acero en toda la línea de contacto, se esparce encima de la plancha arena magnética o limaduras de hierro, y estas se adherirán precisamente a las líneas trazadas con el iman, las cuales pueden ser tan varias y multiplicadas como la imaginacion dicte. Su polaridad es siempre el reverso de la seguida por la barra magnética. El mismo efecto se produce a traves del papel o carton, y durará por largo tiempo. Golpes o el calor solo las remueven.

935. *Lei de las atracciones y repulsiones.*—La lei que regula la distribucion de la fuerza magnética de una barra, ha sido determinada experimentalmente por Coulomb, por medio de su aparato llamado la *balanza de torsion*, y por la lei de las oscilaciones. Es como sigue: *las atracciones y repulsiones magnéticas se ejercen en razon inversa del cuadrado de la distancia.*

Si dos sustancias semejantes estan situadas respectivamente 1 y 2 pulgadas de un cierto iman, la primera será atraida tan fuertemente como la última. Esta lei es análoga a la de la gravitacion, la luz y el calórico.

936. Polaridad.—Déjese mover libremente una aguja magnética, y siempre se inclinará aproximativamente al norte y al sur; y aunque se la saque con frecuencia de su posicion natural, la recobrará invariablemente despues de unas pocas oscilaciones. Tal es la propiedad de la aguja magnética designada como la *polaridad magnética* o *directriz.* Es característico de esta polaridad, que un extremo de la aguja apunte siempre al norte y el otro al sur; y estos puntos se denominan respectivamente el *polo boreal,*

---

curvas y figuras magnéticas, y que se demuestra por ellas? 935. Cuál es la primera lei de las atracciones y repulsiones magnéticas? 936. Qué se llama polaridad en la

cuando la aguja está señalando el norte; y *polo austral*, si se dirije al sur. Vuélvase la aguja alrededor hasta que marque el polo austral, y no descansará hasta que haya atravesado un semi-círculo y apunte de nuevo al norte.

937. *Acciones mutuas de los polos.*—Parecen idénticos los dos polos de un iman cuando se los presenta a las limaduras de hierro, pero no es mas que aparente esta identidad. Si se aplica sucesivamente los polos de una barra o herradura magnética al polo boreal de una aguja imantada, se hallará que una de ellas la atrae y la otra la repele. Ejecútese el experimento con varias agujas diferentes, y el mismo polo será atraido y uno mismo repelido; lo cual manifiesta que los dos polos de un iman tienen propiedades diversas, que se designan con distintos nombres. El polo del iman que atrae el polo norte de la aguja, se llama su *polo* sur o *austral* y el que lo repele su polo *norte* o *boreal.*

938. *Lei de los polos.*—Las atracciones contrarias de los polos boreal y austral de un iman estan sometidas a la siguiente sencilla lei:—*Los polos del mismo nombre se repelen, y los polos de nombre contrario se atraen.*

Demuéstrase esta, entre otros, con los siguientes experimentos: suspéndase de un iman un objeto de hierro, como una llave; y luego sobre el primer iman, se corre otro sensiblemente de la misma fuerza, procurando poner en frente los dos polos contrarios. Mientras esten lejanos los dos polos, la llave se sostiene, mas luego que se hallen bastante cerca, cae como si la barra hubiera perdido de repente su propiedad magnética; lo que no es así, pues puede sostenerla de nuevo con retirar solo la segunda barra.—Tambien se experimenta, balanceando con pesas en una escala la barra magnética. Póngase debajo del polo positivo de esta, el polo positivo de otro iman, y se alzará el platillo que contiene la barra, por efecto de la repulsion de polos iguales. Al reves, acérquese el polo positivo, y el platillo descenderá por la atraccion de polos contrarios.

Cuando se interrumpe el equilibrio magnético, y los dos flúidos se separan, como queda visto, estos parecen colocarse en los lados opuestos de las partículas individuales del cuerpo magnetizado, y el flúido positivo toma siempre un mismo lugar; de modo que el polo positivo de una partícula está contiguo al polo negativo de la próxima. Ambos flúidos permanecen en el cuerpo, pero sin combinarse; y el uno de ellos no es expelido como en el

---

aguja magnética, y cual es la propiedad de esta? 937. Qué accion ejerce el iman en los polos, y que se deduce de ella? 938. Cuál es la lei de los polos y como se de-

caso del flúido eléctrico. Los flúidos encontrados no se anulan entre sí en el centro del cuerpo magnetizado, sino acia las extremidades, que constituyen sus puntos principales de accion. Si quebrando el iman, se forman nuevos extremos, tambien se forman nuevos polos de una naturaleza opuesta a la en el otro extremo. Cuando se pone en contacto un pedazo de hierro con el polo positivo de un iman, se descompone su flúido neutro, y la parte negativa es atraida por aquel acia su extremo mas cercano, que viene asi a ser un polo negativo; mientras el elemento positivo es repelido acia el otro, y forma allí el polo positivo.

939. La razon de esto está en que los polos iguales neutralizan mutuamente la accion opuesta del magnetismo boreal y austral. Por esto, si se presenta los polos positivos de dos barras magnéticas a las limaduras de hierro, al retirarlas se hallará que ambos estan cubiertos de unos grandes penachos. Júntéseles en seguida, y las limaduras se desprenderán de ambas. El mismo resultado se obtiene experimentado con los polos negativos de dos imanes. Si se emplea el polo positivo de un iman y el negativo de otro, las limaduras en vez de caer se unirán en un feston entre los dos polos opuestos.

Magnetismo terrestre.

940. Teoría del magnetismo.—La teoría del magnetismo se funda en una hipótesis mui parecida a la adoptada para la electricidad. Suponen los físicos la existencia de dos *flúidos magnéticos* que predominan en toda la naturaleza, y que combinados parecen yacer en estado tranquilo en virtud de la repulsion y atraccion recíprocas del uno sobre el otro. Estos dos flúidos han recibido el nombre de *flúido boreal* el uno, y el otro de *flúido austral.* Admítese tambien que dichos flúidos se hallan combinados alrededor de cada molécula, neutralizándose recíprocamente; pero que pueden separarse por una influencia mayor que su atraccion mutua, y moverse al rededor de las moléculas sin salir de la esfera de actividad asignada en torno de cada una de ellas. Se encuentran así *orientados* los flúidos, es decir, que en la esfera magnética que envuelve a cada molécula, tiene constantemente el flúido boreal una misma direccion, y el austral la opuesta, proviniendo de aquí dos resultantes de direccion contraria, cuyos puntos de aplicacion son los dos polos del iman. Pero luego que cesa la orientacion de

---

muestra? 939. Qué experimento explica esta opuesta accion de los polos negativos y positivos? 940. Cuál es la teoria adoptada del magnetismo? 941. Qué se

los flúidos, se establece de nuevo el equilibrio alrededor de cada molécula, y es nula la resultante final, esto es, que no hai ya atraccion ni repulsion.

941. *Consideraciones sobre la teoría magnética.*—La naturaleza real de la fuerza magnética nos es desconocida, mas su analogia con el electro-magnetismo y magneto-electricidad, nos induce a creer que no es mas que una forma de electrizacion. La hipótesis establecida anteriormente, se presta de un modo mui sencillo a la explicacion de los fenómenos, y por esto se la adopta como método de demostracion. De Haldat ha encontrado que un tubo de metal amarillo, lleno de limaduras de hierro, y cerrado con cabezas atornilladas de aquel metal, puede magnetizarse lo mismo que una barra; mas si se le sacude, las partículas de hierro se desordenan, y pierden poco a poco su fuerza magnética. Este hecho, como las pastas magnéticas del Dr. Knight y de Ingenhouz, parecieran probar que las partículas de hierro magnético o de iman pulverizado demostrasen la existencia de los polos magnéticos y de una línea neutral, cuando componen una sola masa por efecto de aceites secantes o de una sustancia gomosa. Aun cantidades pequeñísimas, como un sesto de partículas ferruginosas en cinco sestos de arena o materia arcillosa, pueden magnetizarse como la barra, mostrando claramente la descomposicion del flúido neutral en cada partícula.

942. Imantacion por induccion.—Cada iman está rodeado de una esfera de influencia magnética, que se llama su atmósfera magnética; y toda sustancia magnetizable comprendida en dicha atmósfera se hace tambien magnética, y las partes contiguas a los polos magnéticos toman igualmente el nombre de estos. Esta influencia se llama *induccion;* de la cual hablarémos mas tarde, bastando señalar aquí el hecho para la mejor comprension del magnetismo terrestre.

943. Accion directriz de la tierra sobre los imanes.—La polaridad de la aguja magnética (§ 936) se explica

observa de ella y que experimentos demuestran la accion molecular? 942. Cómo

mejor suponiendo que la tierra no es sino un vasto iman. Hemos visto, que si se cuelga por un hilo una aguja imantada, o se la apoya en un punto a cuyo rededor pueda girar facilmente, acaba siempre por fijarse en una direccion que es mas o menos la de norte a sur. Lo propio sucede, si en un vaso lleno de agua se coloca un disco pequeño de corcho con una barrita imantada encima. Esta oscila primero, mas cuando se para, la línea recta que une los dos polos del iman se halla sensiblemente en la direccion de norte a sur. Esta tendencia de la aguja magnética hemos designado con el nombre de *polaridad directriz*, por que efectivamente la accion de los polos terrestres sobre los imanes no es atractiva, sino simplemente directriz; pues el corcho ni la barra avanzan acia el norte o acia el sur. Como un hecho parecido se observa en todos los puntos del globo, ha podido semejarse mui bien la tierra a un inmenso iman, cuyos polos corresponderian a los geográficos y la línea neutra coincidiria sensiblemente con el ecuador.

En virtud de esta hipótesis, se ha llamado flúido boreal al que predomina al polo boreal del globo, y flúido austral al del opuesto. Obrando, bajo este supuesto, la tierra sobre las agujas como un iman, se repelen los polos del mismo nombre, y se atraen los de nombre contrario. De consiguiente, cuando se fija una aguja imantada en la direccion de norte a sur, el polo que mira al norte contiene el flúido austral, y el que mira al sur el boreal; y de aquí vienen los términos *austral* y *boreal* aplicados a la polaridad de la aguja magnética.

La tendencia directriz del iman ha sido conocida en las naciones de Europa desde el siglo XII, y por los chinos 2000 años ántes de Jesucristo. La primera brújula marítima empleada por los navegantes sirios en 1242, se componia de una aguja comun de coser imantada, y que clavada en una caña o corcho, se hacia flotar sobre el agua.

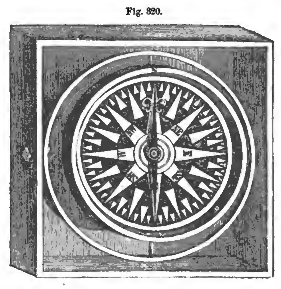
944. Brújula marina.—La mas bella y útil aplicacion hecha de esta fuerza directriz de la tierra sobre la aguja imantada, ha sido la *brújula marina*, tambien dicha *aguja*

---

obra el iman por induccion? 943. Qué demuestra la polaridad directriz de la aguja magnética, y bajo que hipótesis puede explicarse? Cuándo fué conocida?

de marear o *compas de mar.* Consiste esta (fig. 320) de una barrita o planchuela imantada, fija a traves de un carton redondo y sostenida horizontalmente en el centro por un *chapitel* de laton o ágata hueca de figura cónica, la cual barra descansa y gira libremente sobre la puntita de un *estilo* o *peon* vertical, afianzado por la base del *mortero* o caja interior. Dicho mortero

Fig. 320.



está hecho generalmente de cobre y de forma cilíndrica o semi-esférica, y se sostiene por dos ejes o pivotes horizontales, a uno y otro lado de su exterior y cerca de la tapa de vidrio, de modo que pueda moverse sin estorbo en agujeros correspondientes en el anillo llamado *balancin* o *esfera*, y a veces *suspension de Cardan.* Este balancin que soporta los ejes del mortero, está a su vez sostenido por sus otros dos agujeros a ángulos rectos con los primeros, y que descansan en otros dos pivotes horizontales en el interior de la caja de madera en figura cuadrada. Por medio de este aparato y el plomo o lastre que contiene en el fondo, el mortero puede girar en dos sentidos opuestos y sostenerse, así como la aguja, en el plano horizontal, no obstante los balances y cabezadas del buque.

El carton redondo, llamado la *rosa de los vientos* tiene su circunferencia dividida en 360 grados y, a intervalos

---

944. Describid la aguja de marear. Cómo se marca con ella el rumbo de la nave?

iguales, en 32 *rumbos* o *vientos*, los cuales se subdividen en mitades y en cuartos como se ve en el grabado anexo. El punto norte está marcado por una *flor de lis*. Para saber a que rumbo se navega o va la proa, la parte interior blanqueada del mortero lleva una línea negra, dicha la *línea de fé*, tirada de alto abajo; y estando colocada la brújula en la bitácora, con esta línea acia la proa y en la direccion de la quilla, el rumbo de la rosa que hace línea recta con la de fé, muestra al timonel la ruta que debe seguir el buque.

La brújula de marear, cuando tiene pínolas para hacer marcaciones, o rectificar la direccion de otros puntos con respecto al sitio en que se encuentra, se llama *aguja de marcar* o *aguja azimutal*

Es imposible calcular las ventajas reportadas al progreso y adelanto de la humanidad por la brújula marina. Confiado en esta pequeña aguja, que jamas engaña, el marino se lanza en el vasto e inesplorado océano, no necesitando yá mantenerse a la vista de una costa o dirijir su curso por el sol o las estrellas, que las nubes o las noches pueden ocultarle. Con este sencillo instrumento puede ahora cruzar los mares, que merced a él se han convertido, por decirlo así, en caminos públicos, que comunican entre sí las mas apartadas naciones del globo, habiéndose descubierto actualmente nuevos continentes.

945. *El compas* o *brújula del agrimensor* no tiene balancin, y está puesta encima de un *báculo* llamado *de Jacob*, o en el tope de un trípode. Se obtiene en ellos la nivelacion por medio de niveles de aire, y en los instrumentos mas finos se arreglan por medio de *tornillos calantes* o *penetrantes*. El compas hecho en la forma de un semicírculo, se llama *grafómetro;* y cuando tiene dos círculos graduados, para la verificacion de ángulos horizontales y verticales, toma el nombre de *teodolito*.

946. *La aguja astática*.—Puede neutralizarse la polaridad de dos agujas de igual fuerza magnética, poniéndolas sobre un mismo pivote, fijas una arriba de la otra, y con sus polos opuestos en paralelo y señalando una misma direccion. Tal es la *aguja astática*, que señala la fig. 321. Por medio de ella se obtiene un instrumento mui delicado y sensible a la

Qué se llama la aguja azimutal? Cuáles han sido las consecuencias de su descubrimiento? 945. Cómo está hecho el compas de agrimensor? 946. Qué es la aguja

menor corriente eléctrica, el galvanómetro que luego describirémos.

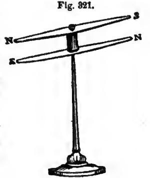


Fig. 321.

En esta figura (321), el polo boreal o norte de la aguja de arriba, está señalando el polo austral o sur de la de abajo, y *vice versa*. El resultado viene a ser que la polaridad de ambos queda anulada; y las agujas permanecerán en cualquiera direccion que se las coloque.

947. MERIDIANO MAGNÉTICO.—*Declinacion*.—Hai mui pocos puntos del mundo en que la aguja magnética marque el verdadero norte astronómico, y en los demas lugares, el plano que pasa por el eje de la aguja magnética, o el *meridiano magnético*, no coincide con el meridiano geográfico. Sin embargo, el meridiano magnético de un lugar dado no es constante, sino que cambia de año en año (lo que se llama variaciones seculares), unas veces al Este y otras al Oeste del verdadero Norte. Esto se llama la *declinacion* o *variacion* de la aguja magnética. La declinacion es *oriental* u *occidental*, segun sea al Este o al Oeste del meridiano astronómico. El ángulo formado por la union del meridiano verdadero y el astronómico, se llama el *ángulo de declinacion*. En Washington, la capital federal de los Estados Unidos, el ángulo de inclinacion ha sido, en 1855 a 56, de 5° 4'.2 Oeste. Segun las observaciones hechas por Mr. Gilliss en Santiago de Chile, el término medio de esta declinacion fué de 15° 37′ Este, en 1850; de 16° 14′ E. en 1851; de 18° 40′ en 1852—una progresion mui rápida y notable.

Durante su primer viaje a la América, Colon observó que a medida que avanzaba acia el Oeste, la aguja se iba desviando del verdadero norte, una circunstancia que causó la mayor consternacion en la supersticiosa tripulacion, "que creia, segun un historiador, que se iban cambiando las leyes de la naturaleza, y que la brújula perdia su misteriosa influencia." No obstante estas y otras observaciones semejantes, solo a mediados del siglo XVII vino a ser admitida como un hecho en la ciencia magnética esta variacion de la brújula. Las observaciones sobre la declinacion de la aguja datan de 1580 en Inglaterra y Francia. La siguiente tabla de Mr. Harris, manifiesta la decli-

astática y qué aplicacion se ha hecho de ella? 947. Qué es meridiano y declinacion magnéticas? Qué es ángulo de declinacion? Qué cambios ha tenido el ángulo de

nacion con el término medio de movimiento, correspondiente a las observaciones ejecutadas en Londres, entre 1580 y 1850, o un periodo de cerca de doscientos setenta años.

	Declinacion oriental.			Cero.	Declinacion occidental.			
Años	1580	1622	1660	1692	1730	1765	1818	1850
Declinacion	11° 15′	6°	0	6°	13°	20°	24° 41′	22° 30′
Proporcion annal	7′	8′	10′	11′	11′.5	9′	0′	5′

Tenemos así un periodo de ochenta años desde la primera observacion, cuando la aguja llegó al verdadero meridiano, y entonces comenzó a retroceder acia el Oeste, alcanzando al máximum de su declinacion occidental en 1818, y ahora se avanza otra vez lentamente al Este. La proporcion que guarda en su marcha no es uniforme, pero es mayor cerca del punto máximo de declinacion que cerca del mínimo.

948. *Líneas isogonales.*—La primera tentativa para sistematizar las variaciones de la aguja magnética, y unir con líneas, llamadas líneas *isogónicas*, todos aquellos puntos del globo en que la declinacion era igual, fué acometida por Halley en 1700. Este descubrió dos líneas distintas de ninguna declinacion, denominadas líneas *agónicas;* una de las cuales corria oblicuamente por la América Boreal, y la otra descendia por el medio de la China y a traves de la Nueva Holanda, y suponia que estas líneas se comunicaban cerca de ambos polos de la tierra. La línea americana de no variacion, o *ágone*, cruza la punta oriental de la América Meridional, en la latitud 20° S., costea a barlovento las Antillas, entra la Carolina del Norte por el Cabo Lookout, pasa por Virginia, y atraviesa por medio del Lago Erie en su curso a la Bahia de Hudson. La principal ágone asiática (porque de hecho hai dos líneas de no variacion), despues de atravesar el Océano Indico en direccion meridional, cruza la parte occidental de Nueva Holanda cerca de la longitud 120° E. En la figura 322 las líneas gordas son las agónicas o de no variacion ; las delgadas, indican las curvas de declinacion oriental ; y las de puntitos, las de declinacion occidental. Los números denotan el ángulo de declinacion de cada curva.

949. *Variaciones diurnas.*—A demas de los grandes movimientos seculares de la aguja magnética que hemos

declinacion en Inglaterra durante 270 años y que se deduce de ellos? 948. Qué son líneas isogonales y cual es su posicion en el mapa? 949. Qué son las variaciones diur-

notado (§ 947), se observa una perceptible variacion de dia en dia, y aun en los diferentes períodos de un mismo dia. Al presente, hai adoptados medios mui exactos de investigacion para este fenómeno, notado por primera vez en 1722 por Graham, un óptico de Londres.— Está probado que el polo norte de la aguja empieza a moverse acia el oeste entre 7 y 8 A. M., y continúa este movimiento hasta la 1 P. M., cuando queda estacionario. Poco despues de la una, retorna lentamente al Este, y como a las 10 P. M. vuelve a estacionarse en el punto de que partió. Durante la noche, ocurre una pequeña oscilacion, y el polo se dirije al oeste hasta las 3 A. M., y vuelve de nuevo como ántes. El cambio medio diurno no llega a un grado, segun Beaufoy. Esta mutacion diaria de la aguja magnética, es debida indudablemente a la accion del sol, y varia por esto segun las diferentes latitudes. En el hemisferio austral,

Fig. 322.

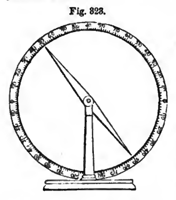
---

nas de la aguja y a que se atribuyen? Qué otras variaciones hai? 950. Qué es la incli-

las oscilaciones diurnas vienen a ser naturalmente el reverso de la direccion en las del hemisferio boreal.

La variacion anual de la aguja fué descubierta por Cassini en 1786. Tenemos, por tanto: 1°. las grandes *variaciones seculares*, que continuan por un largo período de tiempo; 2°. las *variaciones anuales*, que son conformes al movimiento del sol en los solsticios; 3°. las *variaciones diarias*, que corresponden casi a los periodos de temperatura máxima y mínima de cada dia; y por fin, las *variaciones irregulares*, relacionadas con las auroras boreales, y otros fenómenos cósmicos, que Humboldt ha designado como *tempestades magnéticas*.

Fig. 323.



950. Inclinacion.—Una aguja no imantada y sostenida por su centro de gravedad, para girar verticalmente entre dos pilares, como en la fig. 323, o colgada por un hilo a manera de la cruz de una balanza, se quedará equilibrada en la posicion que quiera dársela; mas así que haya sido magnetizada, inmediatamente asume la posicion de la figura, con un polo inclinado acia la tierra. Tal es lo que se llama la *aguja de inclinacion;* y si se la construye para girar en todos sentidos, muestra tanto la declinacion como la inclinacion del magnetismo terrestre en una localidad dada. Como la aguja puede moverse aquí libremente, se colocará naturalmente en el meridiano terrestre, y su posicion de equilibrio será la resultante de las dos fuerzas de declinacion e inclinacion. Aproximándose acia el ecuador, la aguja de inclinacion se inclinará constantemente menos y menos, hasta encontrar al fin puntos donde viene a ponerse horizontal, y la linea que pasa por estos puntos es la denominada *ecuador magnético*, un plano imaginario cerca, mas no coincidente, con el ecuador terrestre.

Roberto Norman, un óptico por profesion en Londres, descubrió en 1576 la inclinacion magnética, y construyó la primera brújula de inclinacion, por medio de la cual determinó que la inclinacion fué en aquel lugar y en el citado año de cerca de 72°. La inclinacion magnética, como la declinacion,

nacion de la aguja y como se observa? Qué variaciones ha experimentado desde que

está sujeta a cambios continuos y progresivos, tanto seculares como periodicos, y va disminuyendo ahora rapidamente. Habiendo valido en Londres, en 1576, 71° 50′, era de 73° 30′, en 1676; y de 74° 42′, en 1723, cuando llegó a su máximum. En 1790 habia bajado a 71° 3′, y en 1800 a 70° 35′. Sabine lo fijó en 70° 3′ en 1821, y Kater en 69° 38′, en 1830. Ahora vale en Inglaterra como 68° 30′, habiendo descendido en 128 años como 6° 12′, o en la proporcion de cerca de 3′ por año; mientras que entre 1723 y 1790 fue de 2′.5 anual, manifiestando con esto un movimiento acelerador y retardante en los cambios seculares de la aguja o inclinacion magnética.

951. *Brújula de inclinacion* se llama el instrumento que sirve para medir la inclinacion magnética. El mejor de estos es el construido bajo el sistema o plan de Biot.

Esta brújula está montada en cobre o metal amarillo, y se compone de un círculo horizontal graduado y sostenido por tres pies con tornillos calantes o penetrantes. Sobre este círculo hai un bastidor, móvil alrededor de un eje vertical, que sostiene un círculo vertical graduado, como el de la fig. 323. El bastidor sostiene tambien la aguja, y un nivel de aire con los tres tornillos dan la horizontalidad del diámetro que pasa por los dos ceros del círculo vertical. Para obtener el meridiano magnético, se hace girar el circulo horizontal hasta que la aguja esté vertical y marque puntos a 90°, que es entonces el ecuador magnético, una posicion cabalmente 90° del meridiano magnético, para alcanzar el cual, es preciso girar el bastidor 90° sobre el círculo horizontal. El ángulo que se forma entre la aguja imantada con el diámetro horizontal del círculo vertical, es el ángulo de inclinacion.—Despues hai dos errores que correjir en el instrumento, para obtener el resultado exacto. Primero, del hecho que el eje magnético de la aguja puede no coincidir con su eje material; y segundo, de que el centro de gravedad de la aguja puede no estar en el punto de suspension, y por tanto el ángulo de inclinacion es un poco mas o menos del verdadero. Se corrige aquel defecto volviendo el plano horizontal del instrumento 180°, y leyendo el medio de los dos; y el último haciendo retroceder la polaridad de la aguja por el contacto en los polos opuestos de dos barras magnéticas. Por esto medio, el centro de gravedad es traido primero arriba y despues abajo del punto de suspension, y el medio de los dos será el verdadero ángulo.

952. Se han preparado tambien *mapas de inclinacion*, o de *lineas isoclinales*, esto es, de líneas de igual inclinacion. Conforme a las observaciones hechas, el ecuador magnético viene a estar bajo el terrestre, en el hemisferio occidental, y sobre éste en el hemisferio occidental, cruzándolo cerca de la Isla de Sto. Tomas, en longitud 3° E., y otra vez en el Pacífico. Estos puntos de interseccion varian con los cambios progresivos de la inclinacion magnética. La mas grande declinacion del ecuador magnético de la línea equinoccial, llega a cerca de 20° N., cerca de la longitud 33° E., y su mayor declinacion meridional es 13°, a los 40° longitud Oeste, cerca de Bahia, Brazil.

---

fué descubierta? 951. Qué es brújula de inclinacion? Describid la aguja o aparato de Biot para determinar el ángulo de inclinacion. 952. Cuáles son las líneas isoclinales

Es digno de observarse, que las líneas de igual inclinacion magnéticas (líneas isoclinales), manifiestan una conformidad mui notable con las líneas isotermales, o de igual temperatura, indicando así una íntima relacion entre el magnetismo de la tierra y la distribucion del calor terrestre.

953. Intensidad magnética.—De los estudios sobre los fenómenos de declinacion e inclinacion magnéticas, resulta bien claro que la distribucion de la fuerza magnética sobre la tierra es desigual, aunque generalmente es mas activa cerca de los polos y menos acia el ecuador. Se suscita entonces la cuestion, ¿cómo puede determinarse la intensidad magnética en un punto dado de la tierra? Por medio de la *aguja de oscilacion.* Multitud de hechos han probado, que una aguja colgando libremente y en estado de oscilacion, es influenciada por la fuerza magnética de la tierra, de un modo análogo al péndulo comun, que oscila por la mera fuerza de su gravedad solamente; y de aquí es que se puede determinar proporcionalmente la intensidad de la fuerza del magnetismo terrestre por toda la extension de la superficie del globo.

Este método para hallar la intensidad magnética en las diferentes regiones de la tierra, fué sugerido primero por Graham, en 1775, y Coulomb, Humboldt, Hansteen y Grauss lo perfeccionaron y emplearon despues. Humboldt determinó con mucho esmero el tiempo de un número dado de observaciones, primero en Paris y despues en el Perú. En el primer punto, la aguja daba 245 oscilaciones en diez minutos, y en el Perú solo 211 en el mismo tiempo. Las intensidades estaban por tanto como el cuadrado de estos dos números, o como 1 : 1.3482; y tomando como unidad el punto sobre el ecuador magnético en el Perú, daba una intensidad magnética en Paris de 1.3482. Esta especie de observacion está extendida ahora en toda parte conocida del mundo, y se ha publicado tablas con sus resultados. La intensidad en Rio Janeiro es 0.887; en el Cabo de Buena Esperanza, 0.945; en el Perú, 1; Nápoles, 1.274; Paris, 1.348; Berlin, 1.364; Londres, 1.369; San Petersburgo, 1.403; la Bahia de Baffin, 1.707.

954. *Origen del magnetismo terrestre.*—Entre dos hipótesis está dividida la opinion de los físicos, al explicar los fenómenos del magnetismo terrestre. La mas antigua de Hansteen supone la existencia de un magnetismo independiente en la tierra, que tiene su foco o asiento cerca del centro de la tierra. Esta fuerza interna se manifiesta principalmente en cuatro puntos del globo, dos de los cuales y los mas enérgicos yacen en los extremos opuestos del eje

---

mas importantes en el mapa? Qué se observa de ellas? 953. Cómo se mide la intensidad magnética de la tierra? Quién indicó el uso de la aguja de oscilacion y que experimentos se han hecho con ella? 954. Exponed las dos teorías mas generales so-

magnético, y que hemos designado como polos magnéticos. Los polos menores tienen un eje propio independiente, y se mueven alrededor del eje principal de oeste a este, y el reverso al sur, dando así orígen al bien conocido fenómeno de la variacion secular de la aguja. El conocimiento actual de la ciencia no se conforma con esta teoría, que no explica tampoco las variaciones diurnas e irregulares en las fuerzas magnéticas.

Prevalece mas generalmente ahora la opinion de que en la costra o superficie, y no en el interior de la tierra, está la fuente de la fuerza magnética; y que esta se muestra con ménos energía en el ecuador del magnetismo, y con mas intensidad acia los polos, donde, como en los imanes artificiales, obtiene su mayor desarrollo, porque allí encontramos la mas perfecta separacion de los flúidos magnéticos. Supónese que la fuerza coercitiva de los materiales de la superficie de la tierra, es disuelta por el calor solar, y que la profundidad a que ocurre esta separacion está íntimamente ligada con la proporcion de calor de la costra de la tierra, sino del todo dependiente de ella. Los ejes y polos no tendrian así mas que una existencia convencional, como otros términos matemáticos que usamos para aclarar mas nuestras ideas. Si esta teoría prevaleciese, vendria a ser nula la distincion entre líneas isotermales e isogonales, o mas bien, ambas significarian una misma cosa.

Produccion de imanes artificiales.

955. Los IMANES ARTIFICIALES son producidos: 1°. por induccion; 2°. por los rayos solares; 3°. por contacto o frotamiento con otro iman; y 4°. por las corrientes eléctricas.

Por regla general, las circunstancias que mas afectan el valor de los imanes, son principalmente la naturaleza y dureza del acero, la forma y proporcion de sus partes, y el modo de guardarlos. El acero mas uniforme y de grano mas fino, labrado con la menor alteracion posible de sus partículas, hace los mejores imanes. Para esto se le templa en el mas alto grado posible, y luego se le rebaja el temple calentándolo al color violado pajizo, a la cual dureza se ha hallado que recibe y retiene su máximum de imantacion. Las proporciones de la barra magnética, en anchura, han de ser un veinteavo de la longitud; y en espesor, un tercio o cuarto del ancho. En el iman de herradura, la distancia entre los polos no debiera ser mas grande que la anchura de uno de los polos. Las caras han de ser suaves y parejas, y toda la superficie ha de estar bien pulida. De su armadura, etc., que tambien llaman *contacto* y *portante*, hemos ya hablado otra vez (§ 829).

956. IMANTACION POR INDUCCION.—Ya hemos notado en otra parte (§ 942) en que consistia la induccion. Toda pieza de hierro o acero puesta dentro de la atmósfera mag-

---

bre el orígen del magnetismo terrestre. 955. De cuántas maneras se produce la imantacion? Qué circunstancias hai que tener presente para el mejor efecto de la imantacion? 956. Poned algunos casos de imantacion efectuada por la induccion.

nética que rodea a todo iman, causa una descomposicion del flúido neutro, que le imparte propiedades magnéticas.

Preséntese una media docena de barras de hierro a ángulos diferentes al polo positivo de un iman, y seran imantadas, sin haber ocurrido contacto, por la induccion; y las puntas puestas acia el iman, se harán polos negativos, y las otras, polos positivos.—Suspéndase dos pedazos de alambre de hierro dulce en hilos paralelos entre sí y a un mismo nivel, y aproximando debajo los polos de un iman, quedan imantados por la induccion. Con esto se forman polos, iguales en las extremidades contiguas, y en vez de colgar entonces paralelamente como antes, se repelen entre sí y divergen.—Otro experimento se puede hacer, poniendo la punta de una barra de hierro no imantada cerca del polo norte de una aguja magnética, y la última será atraida acia él. Colóquese en seguida el polo positivo de un poderoso iman cerca de la otra punta, y la aguja será repelida. Esto resulta de haberse imantado la barra por induccion; y el extremo mas cercano a la aguja es el polo positivo que repele el polo positivo de la otra.—En los párrafos precedentes hemos dado tambien varias pruebas de la imantacion producida por la tierra por efecto de su influencia inductiva.

957. Los rayos solares son otro manantial de imantacion; y aunque algunos físicos lo ponen en duda, parece estar probado satisfactoriamente, que los rayos violados del sol poseen la propiedad de producir un magnetismo permanente, concentrándolos con lentes sobre agujas de acero.

958. Imantacion por contacto.—El metódo mas eficaz de producir la imantacion sobre el hierro o acero, es por el contacto con otro iman. No há mucho tiempo, este era el modo esclusivo para formar imanes artificiales. Hai varios medios para realizarlo, pero los principales son como sigue: —Puede imantarse la aguja ordinaria de cocer tocando simplemente uno de sus extremos a cualquiera de los polos de un poderoso iman, y la punta en contacto quedará imantada negativamente, si tocó el polo positivo, y positivamente si tocó el negativo. Las barras de acero son imantadas por *simple* o *doble contacto.* El primero consiste en aplicar solo un polo del iman a la barra, o un polo a una mitad, y el polo opuesto a la otra mitad. En el doble contacto, se aplican ambos polos al mismo tiempo por toda la longitud de la barra.

959. *Método del simple contacto.*—Para imantar una barra por simple con-

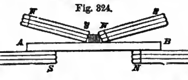
---

957. Qué rayos solares producen imantacion? 958. Qué es la imantacion por con-

tacto, se le aplica acia la mitad de su longitud uno de los polos del iman, y se le tira de ahí deslizando, a uno u otro extremo. Se levanta otra vez el iman para traerle al medio de la barra, y se le vuelve a deslizar de nuevo como ántes. Se repite esta operacion muchas veces, haciendo uso del mismo polo y tirándolo en una misma direccion. En seguida se lleva el otro polo al centro de la barra, y se le desliza al extremo opuesto, repitiendo las mismas frotaciones anteriores. Estas deben hacerse a uno y otro lado de la barra.

Otro método es el que se representa en la fig. 324. Los polos contrarios de dos imanes, puestos como a un cuarto de pulgada aparte por un pedazido de madera, son colocados en el centro de la barra A B, de modo que forman un ángulo de cosa de 20 grados con su superficie; y se les retira despues lentamente en direcciones contrarias del centro a las extremidades. Este procedimiento se repite varias veces, levantándose los imanes al llegar al extremo, para ser llevados nuevamente al centro. Se da vuelta entonces a la barra, y se hace lo mismo con el otro lado. La operacion se facilita mas, descansando los extremos de la barra en los polos opuestos de otros dos imanes, como se ve en la figura.

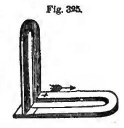
Fig. 324.



960. *Método por doble contacto.*—Para imantar una barra por el contacto doble, se atan juntas dos barras o imanes de herradura, con una cuña de madera seca entre ambos, de modo que sus polos contrarios esten un cuarto de una pulgada aparte; o se puede usar tambien un iman de herradura, si sus polos estan suficientemente aparte. En este procedimiento, el iman se pone derecho en el medio de la barra, y se le tira rapidamente acia un extremo, cuidando que ninguno de sus polos se deslize por la extremidad de la barra. Despues se pasa el iman por el extremo opuesto de la barra como ántes. Los polos resultarán a ser encontrados a los del iman empleado.

961. *Imantacion de los imanes de herradura.*—Los imanes de herradura se magnetizan facilmente, poniendo un pedazo de hierro dulce, en forma de guarda, a los extremos de una barra de acero propiamente doblada; y luego se le aplica, como se ve en la fig. 325, otro iman de herradura perpendicularmente a las extremidades, estando las brazos de aquel igualmente separados. Muevasele lentamente acia el arco o dobladura, y llévesele en seguida a las extremidades, para pasarlo de nuevo acia la curva. Esta operacion debe eje-

Fig. 325.

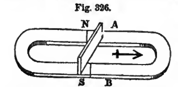


tacto y de cuantas maneras se hace ahora? 959. Cuáles son los métodos de operar la imantacion por contacto sencillo? 960. Cuál el de la imantacion por doble con-

cutarse como doce veces; y entonces, sin quitar la guarda, se vuelve la barra y se hace lo mismo con el otro lado. Los polos del iman que resulten, serán en este caso los mismos del iman empleado para el contacto.

962. *Método de Jacobi.*—El mejor modo de obtener el mayor efecto magnético en una barra por el contacto, es por el procedimiento de Jacobi, como se nota en la fig. 326. Se apoyan sus extremos contra los polos de otro iman, y luego se desliza varias veces a lo largo de ella un pedazo de hierro dulce, llamado el *alimentador*. Lo mismo puede hacerse para la imantacion de un iman de herradura. Se ponen juntos los polos contrarios, y se pasa el alimentador por la herradura, en la direccion marcada por la saeta; y cuando ha llegado a la curva, se le levanta, y vuelve a hacerse la misma frotacion. Entonces se le da vuelta, y se ejecuta el mismo proceder sobre la otra cara.—De esta manera puede cargarse de magnetismo una herradura del peso de una libra, que baste para sostener 26.5 libras; mientras por el mejor método antiguo (fig. 325), el mayor resultado obtenible era de 21 lbs. 9 oz.

Fig. 326.



963. *Fuerza coercitiva.*—Denomínase *fuerza coercitiva* la fuerza mas o menos intensa con que una sustancia magnética se opone a la separacion de los flúidos, o a su recomposicion cuando estan separados. En el hierro dulce apenas es perceptible esta fuerza, porque se imanta instantáneamente por la influencia de un iman. En el acero templado, por el contrario, es mui grande esta fuerza, la cual crece con la mayor energía del temple.

964. Imantacion por las corrientes eléctricas.—Una barra de hierro o acero puede ser dotada de propiedades magnéticas en alto grado, haciendo pasar una corriente eléctrica por un conductor colocado en una cierta posicion relativamente a la barra. Los detalles de este procedimiento pertenecen al Electro-Magnetismo de que vamos a tratar.

---

tacto? 961. Cómo se imantan los imanes de herradura? 962. Cuál es el método de Jacobi y que ventajas produce? 963. Qué es fuerza coercitiva? 964. Cómo se causa la imantacion por corrientes eléctricas?

CAPÍTULO XIX.

ELECTRO-MAGNETISMO.

965. Principios generales.—Se da el nombre de *electro-magnetismo* (y tambien *galvanometría*, *electro-dinámica* o *magneto-electricidad*) a aquella parte de la Física que trata de las acciones mutuas que se ejercen entre los imanes y las corrientes.

Los fenómenos del electro-magnetismo pueden reducirse a las siguientes proposiciones generales.

1°. Todo conductor por el que pasa una corriente eléctrica, afecta una aguja móvil como lo haria el iman..

2°. Las corrientes eléctricas se afectan mutuamente como los imanes.

3°. Un iman actúa sobre una corriente eléctrica como lo habria hecho una segunda corriente.

4°. Las corrientes eléctricas por conductores solicitan otras corrientes semejantes en otros conductores bajo su influencia.

5°. Los imanes solicitan corrientes eléctricas, y todos los efectos eléctricos que dependen de ellos.

De esto resulta, que cuando el magnetismo es desarrollado por corrientes eléctricas, se llama *electro-magnetismo*; y si, por el contrario, las corrientes eléctricas resultan del magnetismo, toman el nombre de *corrientes magneto-eléctricas*.—Aquí tratarémos solo de aquellos fenómenos de un interes y aplicacion mas generales.

966. Descubrimiento y efectos de las corrientes eléctricas en la aguja.—De 1819 a 20, estando empeñado el Profesor Hans C. Oersted, de Copenhague, en investigar las relaciones de la pila voltaica al iman, vino a descubrir el hecho fundamental del magnetismo. Varios físicos habian discurrido ántes que se podia desarrollar fenómenos magnéticos con la pila; pero habian trabajado en vano, por que no se les habia ocurrido unir los polos por un conductor, y sin esto, como está probado ahora, la fuerza del

965. Qué es electro-magnetismo? A qué proposiciones puede reducírsele? Cuándo se llama electro-magnetismo y cuándo magneto-electricidad? 966. En qué

aparato permanece dormida, como la electricidad estática estancada en un solo conductor. *Oersted cerró el circúito de la pila por medio de un conductor*, y hé aquí todo el mérito de su descubrimiento. El observó que acercando un tal *alambre conjuntivo* (como él llama el conductor) a una aguja de libre movimiento, esta era influenciada por aquel, a la manera de un iman. En otros términos, el alambre conductor, de cualquier metal que fuese, habia sido imantado.

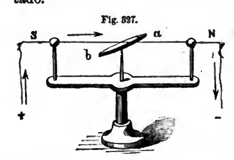


Fig. 327.

Si la electricidad positiva pasa de sur a norte por sobre un alambre conductor extendido horizontalmente en el meridiano magnético, y se coloca una aguja magnética móvil en el medio, el polo boreal *b* de dicha aguja, *b a*, ántes paralela al alambre, se desvia acia el *oeste*, como se ve en la fig. 327, si se pone la aguja *debajo* del alambre conductor; y acia el *este*, si se la pone *encima* del alambre. Cuando se coloca la aguja al lado *este* de tal conductor, su *polo boreal se abate*, y cuando en el *lado oeste* del alambre, *se levanta*. Alterando la direccion de la corriente, los movimientos de la aguja seguirán una direccion opuesta.

El efecto del descubrimiento de Oersted fué verdaderamente eléctrico. El mundo científico estaba preparado para ello, y apenas se dió a conocer, cuando Arago, Ampère, Davy y multitud de físicos de todos paises, se apoderaron de él. Hasta hoi dia se estan sucediendo unos tras otros los maravillosos efectos de esta invencion, cuya aplicacion mas noble y grandiosa ha sido el telégrafo magneto-eléctrico, que fija una época en el progreso de la civilizacion.

967. *Carácter de la corriente electro-magnética.*—La influencia de la corriente electro-magnética se ejerce en ángulos rectos al curso del alambre conjuntivo. Haced que

---

consiste el descubrimiento de Oersted? Cuál es el efecto del pasaje de la electricidad sobre la aguja imantada? 967. Cómo se ejerce la influencia de la corriente? Cuál

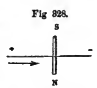


Fig 328.

pase una corriente en la direccion de la saeta, fig. 328, de + a — (positiva y negativa); y una pequeña barra de hierro, o aguja de cocer, tenida verticalmente delante del alambre, es imantada instantáneamente con su polo boreal, N, acia la tierra; póngase ahora la misma barra en el lado opuesto, y su polaridad se altera inversamente. Hágasela girar en cualquiera posicion en un plano vertical a ángulos rectos con el alambre conjuntivo, y los polos retendrán su relacion a la corriente en toda posicion, es decir, el polo marcado N en la figura, quedará siempre al norte de cada punto de la revolucion. Si la aguja empleada es de acero, retiene su polaridad despues que ha cesado la corriente. Si la barra o aguja está paralela al alambre conjuntivo, los *dos lados* de la aguja o barra tienen polaridades distintas.

Se sigue de aquí qne la influencia magnética de la corriente eléctrica no se ejerce en el plano del alambre conductor, sino mas bien perpendicularmente a aquel plano, de modo que produce una especie de mocion circular en torno del alambre; o en otros términos; la aguja imantada tiende a colocarse en ángulos rectos al paso de la corriente eléctrica que atraviesa un alambre conjnntivo; y si ella fuera independiente de la tendencia directriz de la tierra o magnetismo terrestre, se colocaria siempre de esa manera.

Esta relacion entre la corriente eléctrica qne pasa por nn alambre, y el órden de polaridad que ella ejerce sobre la aguja, es de difícil expresion. Ampère ha dado la siguiente simple fórmnla, que aynda mas su comprension. —*El polo boreal de un iman se desvia invariablemente a la izquierda de la corriente que pasa entre la aguja y el observador, que tenga su cara vuelta acia la aguja, suponiendo que la corriente eléctrica entra por sus pies y sale por su cabeza.*

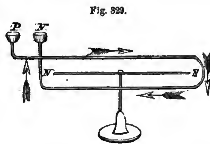


Fig. 329.

968. *Multiplicacion de circúitos.*—La desviacion de la aguja por una corriente eléctrica se puede explicar mas, por medio del aparato representado en la fig. 329.

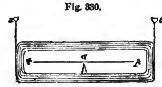
Se dobla un alambre de metal amarillo en una forma rec-

es la fórmula de Ampère? 968. Cómo se puede multiplicar la influencia de la co-

tangular, y a uno y otro extremo se le pone nna copa, P, N, con tornillo de presion, en la que se introducen los alambres o eléctrodos de la pila voltaica, de modo que pase nna corriente por encima y debajo de nna aguja imantada N, S, colocada dentro del circúito rectángular. Los brazos de P y N deben estar aislados en el punto en que se cruzan. Apenas pasa una corriente positiva por el alambre superior de norte a sur, cuando la aguja se vnelve, su polo norte desviándose acia el este y su polo sur al oeste.

En este caso, la corriente de *abajo* que pasa en direccion encontrada a la de *arriba*, tiende a volver la aguja en la misma direccion; y la *fuerza desviadora* viene a ser así dos veces tan grande, como si la corriente pasara en nna misma direccion. Si se dobla el alambre de manera que forme dos rectángulos alrededor de la aguja, la fuerza desviadora será dos veces mayor que si hubiera uno solo; y si se hacen cinco rectángulos, como en la fig. 330, será cinco veces mayor, etc. En todos estos casos, el alambre ha de estar envuelto con hilos de seda, o algun otro no-conductor, de modo qne sns brazos o dobleces esten aislados entre sí, y fuercen las corrientes a atravesar todo el espacio.

Fig. 330.



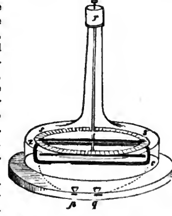
969. El galvanómetro o multiplicador se llama un aparato sumamente sensible, que sirve para comprobar la existencia, el sentido y la intensidad de las corrientes eléctricas por medio de la desviacion de la aguja imantada. En el párrafo precedente hemos dado a conocer el principio que le sirve de base. Consiste de un largo alambre arrollado en forma oval o rectangular, cuyos dobleces se cubren de seda en toda su longitud, a fin de aislar los circúitos entre sí. Dentro de este rollo está colocada la aguja magnética, finamente balanceada; y el aparato mismo debe situarse de manera que el alambre pueda tener la misma direccion que la aguja. Esta se conservará así, mientras que una corriente eléctrica no pase por el alambre, cuando la aguja se vuelve mas o menos acia el Este, segun la fuerza de la corriente. Un cuadrante graduado situado debajo de la aguja y dividido en 90 grados, sirve para medir la desviacion, y por lo mismo la direccion e intensidad de la corriente que pasa por el alambre.

970. *Galvanómetro con aguja astática.*—Con la aguja astática (§ 946) produjo Nobili nn galvanómetro de extrema sensibilidad, mui en uso para deter-

rriente sobre la aguja? 969. Qué es un galvanómetro y como está constituido?

minar las leyes de la trasmision del calórico (§ 518) y otros experimentos que requieren instrumentos mui delicados. En este caso, estando neutralizada la polaridad de la aguja, gira mucho mas facilmente. La fig. 331 representa uno de estos galvanómetros en su forma mas sencilla. Las dos agujas estan suspendidas de *r* por dos hilos paralelos de seda, de manera que una de ellas cuelgue directamente sobre el rollo o circúito *z c*, y el otro debajo del mismo, o sea en el centro. El alambre que forma el circúito, viene a rematar en dos copas *p q*, con tornillos de presion, y el cuadrante está marcado por *s s*. La aguja superior queda arriba del rectángulo; pero como sus polos señalan direcciones opuestas a las de la de abajo, tiende a moverse en el sentido de esta última, cuando pasa la corriente eléctrica.

Fig. 331.

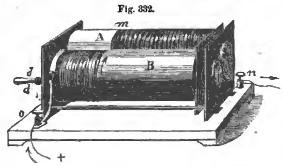


Pouillet ha inventado otro instrumento, llamado *brújula de seno*, para medir corrientes de mayor intensidad que aquellas en que se usa el galvanómetro comun. Está fundado en el principio de que la intensidad de una corriente es proporcional al seno de la desviacion angular de la aguja. Una vez conocido el ángulo de desviacion, y consiguientemente su seno, la intensidad de la corriente es expresada en los términos del seno.

971. *Reostato.*—Sirve este instrumento (fig. 332), inventado por Wheatstone, para aumentar o disminuir la longitud del circúito que recorre una corriente, de modo que produzca en el galvanómetro una desviacion determinada.

Se compone de dos cilindros iguales y paralelos, uno de madera B, y el otro de laton, A, sostenido sobre un bastidor, de modo que puedan girar por sus centros. B lleva una ranura en héli-

Fig. 332.



970. Describid el galvanómetro de aguja astática y sus efectos? Cuál es el principio del de Pouillet? 971. Qué es el Reostato? Describid este aparato y su objeto.

ce, y termina en la extremidad *a* en un anillo de cobre, al cual se fija la punta de un alambre fino de laton, por el cuyo anillo se comunica con el eléctrodo *o*. Este alambre puede arrollarse en la ranura de B, en cuyo caso la corriente pasa por toda su extension y va a salir en *n*, por medio de la union metálica de su extremo, *e*, con A. Si se quiere acortar el conductor, se traslada el manubrio, *d*, al eje, *c*, del cilindro metalico A, y se hace girar de derecha a izquierda, hasta que una mitad del conductor, por ejemplo, como en el grabado, haya sido envuelto en A. Pero siendo A un conductor metálico, la corriente pasa a *n* por la via mas corta, y la única parte del alambre que queda en accion, es la arrollada en B; y esta cantidad se observa por un índice graduado en el otro extremo del cilindro.—Este aparato está basado en el principio de que, la intensidad de una corriente está en sentido inverso a la longitud del circúito, y disminuyendo o aumentando esta longitud, se produce una determinada desviacion (sea 30°) en el galvanómetro.

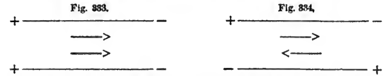
972. *Teoría electro-magnética de Ampère.*—Inmediatamente despues del descubrimiento de Oersted, el ilustre sabio frances, M. Ampère (muerto en 1836), comenzó una serie de experimentos para demostrar las leyes concernientes a este singular fenómeno. De tres hipótesis que él formuló, se fijó al fin en la siguiente :—*Que un iman se compone de elementos o moléculas independientes, que operan como si existiese un circúito eléctrico cerrado en cada uno de ellos : en otros términos, cada una de estas moléculas puede ser reemplazada por un alambre conjuntivo inclinado sobre sí mismo, en el cual se mantiene una corriente constante de electricidad, como el circúito voltaico.*

Tal es, en resúmen, la hipótesis sostenida con ingeniosos experimentos, y apoyada por la fuerza de un riguroso análisis matemático. Esta teoría no reconoce otras fuerzas que las comunes a la mecánica, y vulgarmente conocidas como fuerzas de tira y empuje. Dichas fuerzas son mútuas y comun a todas las corrientes eléctricas. En los imanes permanentes, las pequeñas corrientes circulares y paralelas, que segun esta teoría corresponden a cada molécula magnética, obran todas ellas en ángulos rectos al eje magnético o línea de fuerza. De aquí nace que en el experimento de Oersted (§ 966), la aguja magnética tiende a colocarse en ángulos rectos al paso de la corriente por el alambre conjuntivo, siguiéndose de esto que las corrientes del iman buscan un paralelismo al del alambre conjuntivo. Suponiendo la verdad de esta hipótesis, tendriamos los siguientes corolarios :—*primero*, que dos alambres conductores y movibles se atraen o repelen entre sí, conforme a la direccion de las corrientes que pasan por ellos ; y *segundo*, que se puede hacer que un alambre conjuntivo simule en todos respectos un iman.

973. *Accion mútua de las corrientes eléctricas.*—*Las corrientes paralelas se atraen entre sí cuando corren en la misma direccion*, como en la fig. 333, donde las saetas y los signos + y — indican ser idéntico el curso de las corrientes; mientras que en la fig. 334, los mismos signos manifiestan estar alteradas las corrientes, en conformidad con la lei de que *corrientes paralelas se repelen cuando llevan direcciones encontradas.* Los limites que nos hemos impuesto,

---

972. Cuál es la teoría de Ampère y en que se funda? Qué corolarios se deducen de ella? 973. Cuáles son las leyes de las corrientes paralelas? Qué otras proposicio-


Fig. 333. Fig. 334.

nos impide entrar en la demostracion práctica de estos principios; y solo advertirémos que para demostrar experimentalmente estas leyes, uno de los conductores debe estar fijo y el otro movible.

Como en relacion con esta materia, puede añadirse aquí estos principios generales: 1°. dos corrientes seguidas, una tras otra, en una misma direccion, como tambien las diferentes partes de una misma corriente, se repelen entre sí; y 2°. dos corrientes fijas de igual intensidad, que corren cerca y paralelamente en direcciones contrarias (como cuando el mismo alambre vuelve sobre sí sin contacto), no ejerce influencia alguna en una corriente fija y vecina: o en otros términos, se neutralizan exactamente entre sí, y no producen efecto alguno.

974. Rotacion electro-magnética.—Cuando un polo magnético, y un alambre, por el cual está pasando una corriente eléctrica, se acercan mutuamente, el polo tiende a girar en torno del alambre, y este posee una igual tendencia a girar en rededor del iman en un plano perpendicular a la direccion de la corriente. Con aparatos propios al caso, se observa los siguientes fenómenos de rotacion electro-magnética:—

1°. Estando fijo el alambre conjuntivo o conductor, el iman girará a su alrededor.

2°. Estando fijo el iman, el alambre conductor girará a su alrededor.

3°. Si tanto el iman como el alambre tienen movimiento libre, girarán en la misma direccion en torno de un centro comun, pareciendo que el uno persigue al otro y este persigue a aquel.

4°. Suprimiendo el uso de un alambre conductor, se puede hacer girar un iman sobre su eje con el pasaje de una corriente eléctrica por la mitad de su longitud.

975. *Para probar la revolucion de un iman alrededor de un alambre conjuntivo,* Faraday empleaba el sencillo aparato dibujado en la fig. 335. Se sumerge un iman, *n* S, en una vasija de mercurio, con su polo norte, *n*, sobre-

nes generales se añaden? 974. Qué se llama rotacion electro-magnética? Cuáles

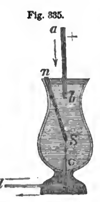


Fig. 335.

saliendo nn poquito en el líquido, y su polo sur, S, ligado por un hilo de seda con el alambre conductor, C, que pasa por el fondo de la vasija. Otro alambre conductor, *a b*, penetra el mercurio por la parte de arriba. Cuando *a b* está unido con el eléctrodo positivo de una pila, y C *d*, con el negativo, una corriente en descenso de electricidad positiva pasa a lo largo del conductor (pues el mercurio completa el circúito); y el polo norte, *n*, girará alrededor del alambre fijo, *a b*, a la manera de las manos o punteros de un reló. Si, por el contrario, *a b* estuviese ligado con el eléctrodo negativo, y C *d* con el positivo, se formaria una corriente ascendente, y el iman girará en una direccion encontrada.

Se emplea el mercurio en este experimento, porqne siendo un líquido, deja moverse el iman con libertad; mientras que por su calidad de conductor, completa el circúito, y se posesiona de la influencia magnética del polo sur que hai sumergido en él. Si no fuera por esto, el polo sur mantendria estacionario al iman, por sn tendencia a moverse en un sentido encontrado al norte.

976. *La revolucion de un alambre conductor alrededor de un iman fijo*, se demuestra con el aparatito de fig. 336. Tenemos tambien aquí una vasija de mercurio, con nn alambre conductor, *d*, qne pasa por su fondo, y otro alambre, *a b*, colgado de un gancho directamente sobre el iman, y penetrando el mercurio por la parte de arriba. El polo fijo del iman está en *n*. Uniendo el gancho y el alambre *d* con los eléctrodos de una pila, el alambre girará alrededor del iman, y su direccion dependerá, como ántes, de si la corriente eléctrica es ascendente o descendente.

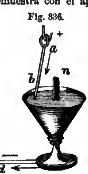


Fig. 336.

977. *La revolucion simultánea del iman y del alambre alrededor de un centro comun*, puede mostrarse combinando dos piezas del aparato qne acabamos de describir. El iman, M (fig. 337), es sumergido en una vasija de mercnrio hasta la mitad de sn longitud, para que la corriente afecte solo nn polo; y se le une por el fondo con un alambre conductor y una copa con tornillo de presion C, de modo que tenga libertad para moverse y dar vuelta. El alambre, W, va suspendido por un gancho, para qne se mneva libremente. Al trasmitir una corriente, lo que se hace uniendo los eléctrodos de una pila, tanto el iman como el alambre comienzan a girar en una misma direccion, tal como si el uno estuviera a la caza del otro.

---

son sus principios? 975. De qué manera se demnestra la revolucion de un iman alrededor de un alambre conjuntivo? 976. Cómo la del alambre alrededor del iman? 977. Cómo la simultánea del iman y alambre en un centro? 978. Qué es un sole-

978. El solenoide.—Dió Ampère este nombre al sistema de corrientes iguales y paralelas, formadas por un mismo alambre de cobre cubierto de seda, y replegado sobre sí mismo en hélice, un extremo del cual pasa, al doblársele, por el eje en el interior del hélice, fig. 338.

Fig. 337.

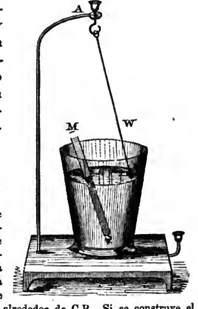
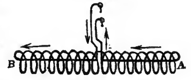


Fig. 338.

A
C
B

El efecto del hélice arrollado de esta manera, queda reducido solamente a la influencia de una série de corrientes circulares iguales y paralelas; pues la corriente de A a B será neutralizada por su retroceso de C a B, y entonces no hai mas efecto que el debido a la revolucion en hélice alrededor de C B. Si se construye el solenoide, de modo que las dos puntas del alambre pasen por el eje del hélice, y vengan a salir por su centro de gravedad, como en la fig. 339, y es suspendido en seguida convenientemente; al someterlo a una corriente eléctrica, el eje del solenoide, A B, se pondrá en la direccion del meridiano magnético, mientras sus varias roscas ocupan el plano del ecuador magnético. El solenoide toma esta posicion a solicitacion del magnetismo terrestre; y asume en todos respectos las condiciones de una aguja imantada, aunque no posea en sí una sola partícula de hierro o acero. Esta tendencia directriz de la tierra se expresa en la siguiente lei:—*El magnetismo terrestre obra sobre las corrientes eléctricas como si todo el globo estuviera circundado de corrientes eléctricas en líneas paralelas al ecuador.*

Fig. 339.



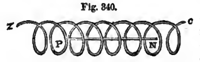
Se supone que esta direccion de las corrientes corresponde con el movimiento aparente del sol, y al en que la superficie de la tierra recibe sus rayos que se avanzan acia el oeste; y desde que es sabido que las corrientes eléctricas generadas por el calor ejercen precisamente sobre la aguja imantada la misma influencia que las corrientes voltaicas, se ha deducido como nna con-

noide y que efecto produce? Qué propiedad adquiere con la corriente eléctrica, y a que es debida esta? Cómo se explica la direccion de las corrientes eléctricas?

secuencia que la accion termal del sol es la causa originaria y sostenedora de las corrientes de magnetismo terrestre (§ 940).

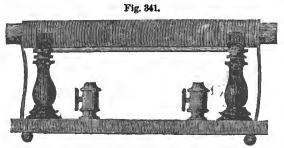
979. Imantacion por las corrientes.—Hemos ya visto que se puede producir imanes artificiales por medio de las corrientes electro-magnéticas (§ 964); siendo este el medio mas eficaz para obtener los mas poderosos. Este hecho está probado por la desviacion causada en una aguja imantada por el alambre conjuntivo; y tambien porque poniendo una barra de hierro dulce a traves de dicho alambre, se imanta temporalmente y atrae las limaduras de hierro: si aquella es de acero se hace un iman permanente. Esta virtud magnetizadora del alambre se acrecienta considerablemente, si en vez de cruzar con él la barra en un solo punto, se le arrolla en derredor en roscas, en la figura que se llama una *hélice* (fig. 340).

Fig. 340.



La razon de esto es mui sencilla, despues de las explicaciones anteriores. Como cada vuelta del hélice causa nna corriente eléctrica, es fácil concebir que bajo la influencia unida de un gran número de tales corrientes circulares y paralelas, la fuerza coercitiva de la barra de acero, o de hierro dulce, se descompondrá por la inducion de nn magnetismo tan activo. Aun una série de chispas de una máquina eléctrica, que pase por un hélice, magnetizará una aguja de acero. Aumentando el poder magnetizador del hélice con el número de veces que la corriente eléctrica pasa alrededor de la barra, se sigue que acercando o juntando estos rollos, se aumenta todavia el efecto; y este será mayor aun si se pone una o mas capas del alambre, la una sobre la otra. Mas para impedir que se comuniquen entre sí, debe envolverse el alambre con hilos de seda u otro material aislador. Dispuesto de este modo el hélice, se liga los extremos del

Fig. 341.



alambre con los eléctrodos de una pila, y la corriente será forzada a recorrer toda su longitud.

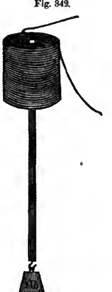
La fig. 341 representa un hélice montado, dividiéndose a ambos extremos, *a b*,

979. A qué debe el hélice su virtud magnetizadora? Cómo se le forma? Cuál es la

la barra que se va a imantar. La posicion de los polos dependerá en este caso de que la vuelta de la rosca esté a la derecha o a la izquierda. Si la corriente fluye de + a —, y la rosca va de izquierda a derecha, como las manos de un reló, el polo norte del iman saldrá a la izquierda; mas si la espiral torna de izquierda a derecha, contrariamente a las manos de un reló, el polo quedará a la derecha. Si se arrolla el hélice en un tubo de vidrio, papel o madera, estas sustancias no ofrecen resistencia al pasaje de la fuerza magnética. No así, si el tubo es de cobre o plomo, que destruiria el efecto magnético de la corriente.—Cuando el hélice está arrollado en dos partes y con direcciones contrarias, tendrémos entonces un par de polos norte (o un par de polos sur, segun el caso), en el punto de reversion en el centro, y los dos extremos tendrán un mismo nombre. Una barra de acero colocada dentro de un tal hélice, formaria un *iman anómalo.*

980. *Fuerza magnética del hélice.*—Una barra de acero, introducida dentro de un hélice, queda permanentemente imantada, desde el momento que la corriente eléctrica ha pasado por el alambre. Una aguja colocada del mismo modo, es influenciada de tal manera, que permanece suspendida en el aire en el medio del hélice. El mismo resultado se puede obtener aun con un cilindro de hierro dulce, si el hélice ha sido arrollado estrechamente con muchas vueltas de un alambre aislado, y sometido despues a la accion de una fuerte batería; realizando así la fábula del ataud de Mahoma. Con todo el hierro dulce pierde sus propiedades magnéticas, luego que ha pasado la corriente, mas en uno y otro caso, la barra que se va a imantar debe colocarse a lo largo del hélice, es decir, en ángulos rectos a la direccion en que pasa la corriente.

Fig. 342.

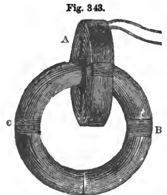


Uno de los efectos mas notables del hélice es la suspension en el aire, sin apoyo alguno visible, de una pesada barra de hierro cargada. Se sostiene para esto verticalmente un hélice (fig. 342), compuesto de un alambre mui largo formando varios rollos sobrepuestos, los que se cargan con una poderosa pila. Poniendo entonces la barra dentro y como a la base del

direccion de sus polos? Qué sustancias no impiden la corriente? Cuándo resulta un iman anómalo? 980. Cómo adquiere su mayor fuerza magnética el hierro dulce y el

hélice, se alzará dentro casí hasta la mitad, y se mantendrá allí en el centro del cilindro hueco, sin tocarlo, durante todo el tiempo que la corriente esté pasando. Si se le tira un poco para abajo, se levantará inmediatamente después a su posicion anterior. Cesada la corriente, cae tambien la barra. Mediante una pila mui poderosa, se ha podido sostener en el aire hasta 80 lbs. de peso.

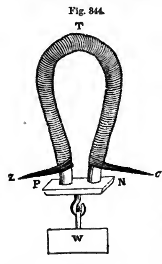
Fig. 343.



Otro experimento no menos interesante se puede ejecutar, para demostrar la fuerza del hélice, por medio del aparato de la fig. 343. El hélice, A, tiene la forma de un anillo. B, C, son dos piezas semi-circulares de hierro dulce, con sus extremos perfectamente ajustados. Cuando se juntan B y C para formar nn círculo, con dos de sus puntas dentro del hélice, seran dotados con nna tal atraccion recíproca, que la fuerza de dos hombres apenas bastará a separarlos.

981. Electro-imanes.—Se llama *electro-imanes* unas barras de hierro dulce que se imantan por la influencia de una corriente eléctrica, pero solo temporalmente, porque siendo mui débil la fuerza coercitiva del iman, se neutralizan los dos flúidos magnéticos luego que ha cesado la corriente. Parece que Sturgeon produjo en Inglaterra, en 1825, el primer electro-iman de hierro dulce. Henry y Ten Eyck, americanos, descubrieron un nuevo método de arrollar el alambre para formar electro-imanes de mui grande fuerza.

Fig. 344.



Los electro-imanes estan dispuestos en la forma de herradura, y se les forma arrollando muchisimas veces en las das ramas un mismo alambre de cobre cnbierto de seda. Los extremos del alambre, Z, C, estan ligados con una poderosa pila; y una armadura de hierro dulce, P, N, que une los polos, tiene un gancho debajo para sos-

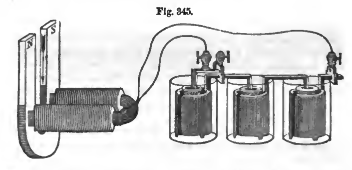
acero? Citad algunos ejemplos y experimentos notables. 981. Qué son electro-imanes? Cómo se les forma? Qué condiciones se requiere para producir un buen

tener pesas. Tan firmemente unida está esta armadura o guarda que se requiere una fuerza enorme para separarla. Electro-imanes ha habido de esta clase, que han soportado un peso de 4,000 libras.

Las causas principales que afectan la produccion de los electro-imanes son: 1°. la cualidad del hierro, que debe ser de lo mas dulce y puro posible, y si la barra ha sido doblada o amartillada, se la debe templar despues con cuidado por largo tiempo; 2°. la forma de la barra, pues Dub tiene demostrado que, dadas iguales circunstancias, la fuerza de un electro-iman está en proporcion a la raiz cuadrada del diámetro del cilindro; y consiguientemente son preferibles los cortos y gruesos para electro-imanes destinados a levantar grandes pesos; 3°. con la fuerza de una cierta pila, una série de rollos cortos de grueso alambre, segun Henry, produce mayor efecto. Para corrientes débiles, como las que se requiere en los telégrafos electro-magnéticos, los alambres de cobre delgados y finos producen, bajo el principio del galvanómetro, los mejores resultados; siendo su efecto como el cuadrado del número de vueltas.

982. *Imantacion por electro-imanes.*—Los electro-imanes nos suministran un medio expedito y eficaz para imantar la barra de una herradura. La manera de aplicarlos a este objeto se deja ver por la fig. 345.

Fig. 345.



El electro-iman es aplicado a la curva de la herradura, un polo en cada rama, y se le pasa acia las extremidades, N, S. Se repite esto varias veces en ambos lados, y la barra se convertirá en un iman permanente. Cuando se quiere quitarle su propiedad magnética, no hai mas que cambiar la operacion, poniendo los polos del electro-iman en los extremos N, S, y tirarlos acia la curva.

983. *Vibraciones y sonidos musicales* han sido producidos a veces por el iman, en el momento de cerrarse o de interrumpirse la corriente, entre los polos que contienen una barra plana en espiral. Este hecho fué observado primero por el Dr. Page, de Filadelfia, y confirmado despues por De La Rive,

iman? 982. Cómo se imanta una herradura por medio del electro-iman? 983. Qué

Delezenne y otros. Dos notas han sido distinguidas, una de un tono musical propio del iman y otra de una octava mas alta. Esto se explica por la perturbacion molecular causada en la barra, al recibir y deshacerse de la induccion magnética. El mismo movimiento vibratorio, aunque en menor escala, se ha notado en las barras prismáticas de laton de Trevellyan, cuando se las calienta lentamente, y se las coloca en trozos de plomo, por efecto de la expansibilidad y contraccion de los dos metales.

984. Fuerza motriz y mecánica del electro-magnetismo.—La facilidad para dotar masas de hierro dulce de una gran fuerza magnética, por medio de corrientes de electricidad voltaica, y luego para descargarlas, cambiando solo su polaridad, ha inspirado a muchos la idea de aplicar esta fuerza como un agente mecánico en varios aparatos, mas o menos curiosos, aunque de poca utilidad práctica hasta aquí. Hubo un tiempo en que se creyó tan factible este proyecto, que el gobierno de Rusia dió 120,000 pesos, y el de los Estados Unidos 20,000, con el fin de hacer experimentos sobre la materia. De las varias máquinas inventadas, ninguna ha correspondido ni aproximádose siquiera a la fuerza del vapor.

El Dr. Page construyó una máqnina, en 1850, que se dice poseer una fuerza de seis y medio caballos; Cook y Davenport, tambien americanos, han ejecutado otras igualmente ingeniosas. Jacobi, de San Petersburgo, ha estudiado extensamente el asunto; y Froment, de Paris, produjo nn aparato de gran poder, en el cual unas armaduras de hierro dulce sobre la circunferencia de nna rueda, son atraidas acia electro-imanes colocados radialmente. En todos estos casos, el calor desarrollado por la accion química se trasforma en fuerza motriz mediante la atraccion magnética. Mr. Jonle ha demostrado, con todo, que el mayor resultado obtenido de este calor, equivalente a la solucion de un grano de zinc en la pila, ha sido levantar 80 lbs. un pie de alto; cuando un grano de carbon mineral, en una caldera de Cornish, levanta 143 lbs., y como el precio de este está en la relacion de 9 a 216 con el primero, no puede jamas ser preferida, ni aun en las circunstancias mas favorables, la combustion del zinc en ácido sulfúrico a la del carbon en el aire atmosférico.—A mas de la parte económica, se encuentran estas otras dificultades: 1°. la fuerza atractiva del iman disminuye rapidamente a medida que la distancia aumenta; y 2°., el movimiento de la maquinaria promueve corrientes eléctricas contrarias a la direccion de la principal, las qne yendo en aumento con la velocidad, annlan en parte el efecto del iman.

---

se dice de las vibraciones y sonidos musicales producidos por los imanes? 984. Cómo se ha aplicado el electro-magnetismo a la mecánica? Por qué han sido infructuosos

Telégrafos eléctricos.

985. SU HISTORIA.—La idea de las comunicaciones telegráficas por medio de la electricidad, parece haberse ocurrido tan luego como se supo que una corriente eléctrica podia pasar por un alambre conductor sin pérdida sensible de tiempo. Diversas y encontradas pretensiones han venido despues a disputarse la gloria de esta invencion, aunque en la realidad, como en todos los otros grandes inventos, el buen éxito solo ha podido dar vitalidad a proyectos ántes ignorados o desconocidos de la historia.

En 1747, el Dr. Watson extendió un telégrafo desde las piezas de la Sociedad Real de Londres, por el espacio de dos o mas millas, que pasaba por los topes de las chimeneas, y era operado por la electricidad estática sobre un solo alambre, teniendo la tierra por circúito de vuelta. Franklin, en 1748, hizo arder espíritu de vino por medio de una corriente eléctrica, que atravesaba el agua del rio Schuylkill y volvia por el mismo rio y la tierra. Un frances, Le Sage, estableció en Ginebra (1774) un telégrafo eléctrico, compuesto de veinte y cuatro alambres aislados en tubos de vidrio y enterrados en la tierra; cada alambre se comunicaba por un electróscopo y correspondia a una letra del alfabeto, siendo operado por una máquina eléctrica. En 1787, el español Betancourt hizo un esfuerzo para pasar señales, mediante la electricidad de una botella de Leyden, sobre unos alambres que comunicaban a Madrid con Aranjuez. Salvá tambien presentó en 1796 a la Academia de Madrid un plan de comunicacion eléctrica, que obtuvo el patrocinio del Príncipe de la Paz.

Llegó por fin el año 1800 en que se dió a luz el descubrimiento de la pila por Volta, la cual venia a suplir una necesidad mui sentida ántes por la poca certeza de la electricidad estática para telégrafos. Así fué que en 1811, Soemmering, de Munich, propuso a la Academia del lugar un plan completo de comunicaciones por un telégrafo *electro-magnético*, que se componia de treinta y cinco alambres (25 para el alfabeto aleman y 10 para los numerales) terminados en puntas de oro y cubiertos del mismo número de tubos de vidrio llenos de agua, la cual se descomponia así que la letra o número correspondiente era tocado por el alambre de la pila en un teclado al otro extremo. Tal es el prototipo de todos los telégrafos electro-químicos. Al mismo tiempo casi, el Dr. Coxe proponia un sistema semejante en Filadelfia, usando la electricidad galvánica. El descubrimiento de Oersted, 1819, y su subsiguiente desarrollo por Ampère, abrió un nuevo camino a la telegrafía electro-magnética. Ambos propusieron desde luego un telégrafo fundado en las desviaciones de la aguja magnética, que ha sido mas tarde el tipo de la invencion del telégrafo de aguja de Wheatstone. En 1823, el Dr. Ronald, de Inglaterra,

---

estos ensayos? 985. Resumid la historia de los telégrafos electro-magnéticos.

describió en un libro el plan de un telégrafo eléctrico, que él habia puesto en práctica sobre ocho millas de alambre, y en el cual empleaba un disco movible con letras; y hé aquí el tipo de todos los telégrafos de cuadrante.

Como queda visto (§ 981), Sturgeon produjo el primer electro-iman, sin el cual no era posible avanzar mas adelante en la mejora del telégrafo. Mr. Henry, americano, describió en 1830 un medio de dar mas fuerza a los electro-imanes, así como el primer electro-iman de reciprocidad y armadura vibradora, incluso el principio del iman de relevo, un auxiliar indispensable en el sistema de Morse. Webber y Gauss establecieron un pequeño telégrafo en Gottinga, en 1834. Mas todo esfuerzo habria sido inútil sin la invencion de la pila de corrientes constantes de Daniell en 1836. Por fin, al siguiente año aparecen Morse, en los Estados Unidos, Steinheil en Munich, y Wheatstone y Cook en Inglaterra, como pretendientes al mérito de esta gran invencion. El sistema y aparato del primero fué introducido en 1843 con pleno éxito, bajo el patrocinio del Congreso, entre Baltimore y Washington; y de entonces data ese prodijioso aumento de telégrafos eléctricos, contándose ahora no menos de 45,000 millas en la América del Norte, cuyo costo no excede de 150 pesos por milla.

986. *Circúito terrestre.*—Aunque Watson y Franklin habian ántes empleado la tierra como circúito de retorno en sus experimentos telegráficos, se creia necesario todavia el uso de dos alambres al menos para la electricidad voltaica, hasta que Steinheil lo dió de mano al construir su telégrafo en Munich, en 1837, enterrando en su lugar una gran lámina de cobre en cada estacion, con la cual se comunicaba el circúito del alambre. Este importante hecho quedó por alguna causa ignorado, y Bain lo volvió a redescubrir mas tarde; y Mattenci, de Pisa, lo expuso y comprobó a satisfaccion de los mas incrédulos en 1843.—La explicacion de un fenómeno tan singular parece ser, no que la electricidad sea trasmitida por la tierra de vuelta a su origen en la pila; sino que la perturbacion molecular en que consiste la polaridad del circúito, es reemplazada suficientemente por la comunicacion con un gran depósito comun de electricidad neutra (§ 830), y de este modo no se interrumpe la conduccion. Así pueden existir sin contrariarse varias corrientes paralelas. Este proceder tan sencillo no solo ahorra el gasto de construccion, sino mas que dobla su fuerza de trasmision. (Sobre la velocidad de la corriente eléctrica véase § 833.)

987. *Variedad de comunicaciones electro-telegráficas.*—Todos los aparatos de comunicacion electro-telegráfica conocidos pueden reducirse escencialmente a dos clases: los *electro-mecánicos* y los *electro-químicos.* Los primeros abrazan el *telégrafo de aguja*, el *de cuadrante* y el *electro-magnético*, o *escribiente.* Como este último son los de Morse y de House que marcan caracteres legibles.

Los *telégrafos electro-químicos* (que tienen por tipo la

986. Quién descubrió el circúito terrestre? Cómo se explica este? 987. Cómo se

invencion de Soemmering) se distinguen por la produccion de un efecto visible y permanente, como resultado de una descomposicion química en una estacion remota. El mas conocido de estos, es el aparato de Bain. No siendo posible describir todos ellos, nos límitaremos a dos de los mas usados; pues el telégrafo de aguja de Wheatstone y Cooke, que dependen de la desviacion de la aguja por el galvanómetro, tiene la desventaja de necesitar dos personas, una para leer los movimientos y otra para copiar los mensajes, y no trasmite mas que diez a doce palabras por minuto. El telégrafo de cuadrante de Froment y otros estan sujetos a los mismos inconvenientes.

988. Telégrafo de Morse.—Los principios que sirven de base al *telégrafo de Morse*, son los siguientes:—

1°. Un electro-iman puede ser dotado o privado alternativamente de la propiedad de atraer el hierro, con ligarlo o desligarlo de una pila galvánica.

2°. La pila puede estar muchas millas distantes del iman. Si ambos estan unidos por alambres, la corriente eléctrica será trasmitida al hélice y producirá los mismos efectos.

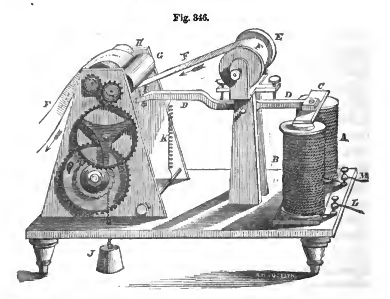
3°. Una persona colocada cerca de la pila puede completar o cortar el circúito a voluntad. Al ejecutarlo así, un extremo de una palanca puesta cerca de los polos de un iman apartado, será atraido o soltado. Cuando es atraido, el otro extremo de la palanca, que lleva una punta o punzon, causa una impresion en la tira de papel, que una maquinaria va poniendo a su frente, siendo las rayitas marcadas mas o menos largas, segun el tiempo que el operante cerca de la pila mantenga completo el circúito, o contacto. La figura 346 muestra un *receptor*, o instrumento de recibir y registrar mensajes por el modelo de Morse.

A B es el electro-iman, comunicado con una pila lejana por los alambres L, M, que se alzan en grandes estacas y son sostenidos por aisladores de vidrio. C es una armadura de hierro dulce unida a un extremo de la palanca D D, de modo que descanse como un octavo de una pulgada mas arriba de

---

puede clasificar los diferentes aparatos telegráficos? Cuáles estan mas en uso? 988. Cuáles son los principios o bases del telégrafo de Morse? Describid su mecanismo.

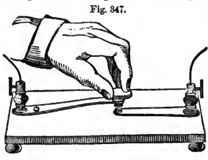
Fig. 346.



los polos del iman. El otro extremo de la palanca tiene un punzon, I, que se levanta cuando baja la armadura. Una tira de papel, F F, arrollada sobre el cilindro de madera E, se hace pasar en frente del punzon, entre los dos cilindros G, H, por medio de un mecanismo de relojería movido por el peso J, al tiempo de pasar la corriente. K es el resorte o muelle, que tira para abajo el extremo de la palanca, cuando el otró ha sido largado por el iman. Antes se le ponia un aparato con campanilla, movido por la palanca, para llamar al operante; mas ahora se ha creido mejor suprimirlo, pues basta para el objeto el retiñido producido por la palanca.

989. *La llave de señales.*—El aparato empleado para completar o romper el circúito, en el punto en que se halle la pila y el operante, se llama la *llave de señales*, o *manipulador.* Este se ve en la fig. 347, aunque suele dársele hoi otra forma.

Fig. 347.



Oprimiendo el boton con la mano, se unen los tornillos o muelles a que estan ligados los alambres; y retirándola, salta para arriba el boton, se rompe el circúito

989. Para que sirve la llave de señales y como se la opera? Cuál es el sistema de

y cesa la corriente. Mientras dura el contacto con la presion del boton, se marcará sobre el papel en la otra estacion unas rayitas o signos convencionales, que corresponden a otras tantas letras, por medio de las cuales se trasmite el mensaje. Conforme al sistema de Morse, las siguientes combinaciones componen el abecedario y numeracion telegráficos :—

Letras—Signos.		Letras—Signos.		Letras—Signos.		Números—Signos.	
a	- —	*j*	— - — -	*s*	- - -	1	- — — -
b	— - - -	*k*	— - —	*t*	—	2	- - — - -
c	- - -	*l*	——	*u*	- - —	3	- - - — -
d	— - -	*m*	— —	*v*	- - - —	4	- - - - —
e	-	*n*	— -	*w*	- — —	5	— — —
f	- — -	*o*	- -	*x*	- — - -	6	- - - - - -
g	— — -	*p*	- - - - -	*y*	- - - -	7	— — - -
h	- - - -	*q*	- - — -	*z*	- - - -	8	— - - - -
i	- -	*r*	- - -	*&*	- - - -	9	— - - —
						0	———

Para impedir confusion, se deja un pequeño espacio para cada letra, uno mas grande entre las palabras, y otro mayor todavia al fin de una sentencia. De este modo, cada movimiento de la palanca-punzon corresponde a la letra comunicada; y para un operante acostumbrado, este sonido llega a ser un verdadero lenguaje, que su oido va interpretando con inerrable certeza, de manera que oye literalmente el mensaje y lo traduce sin necesidad de mirar el papel. Este instrumento tiene el mérito de una gran sencillez mecánica, por lo que necesita mui poca destreza para su manejo, mientras que su rejistro de un despacho es permanente y suficientemente rápido para todos los casos ordinarios, por lo que es mas generalmente usado en los Estados Unidos y casi en todo el continente europeo.

990. *Pilas auxiliares.*—La corriente eléctrica es trasmitida a una gran distancia por un alambre, mas no sin que su corriente vaya menguando; por tanto, cuando las estaciones estan mui lejanas entre sí, el eléctro-iman se carga mui debilmente para que la indentacion quede marcada en el papel. En este caso, se hace que el alambre de la pila original opere sobre una armadura mui sensible, de modo que complete el circúito de una segunda pila colocada cerca de la máquina. Esta *pila auxiliar*, o *de relevo*, opera sobre el receptor o aparato registrador, o trasmite una corriente fresca y vigorosa a otra pila auxiliar; y mediante estas, se puede construir líneas de cualquiera extension.

signos adoptados? 990. Qué son pilas auxiliares? De qué manera sirven a su objeto?

Como las pilas auxiliares no interrumpen el circúito, puede usárselas en cualquier cantidad en los intervalos de una extensa línea. Cada una de ellas puede trabajar un aparato propio, o una misma comunicacion puede ser registrada simultaneamente en una multitud de estaciones diferentes. Estas pilas no son, con todo, indispensables; pues pueden ser reemplazadas aumentando el número de placas empleadas y distribuyéndolas en grupos por toda la linea. Se ha calculado teóricamente, que si se circundara la tierra con un alambre telegráfico, 1200 vasijas de a cuartillo de Grove, distribuidas en grupos equidistantes de a quince en cada pila, darian suficiente fuerza galvánica para toda la distancia.

991. *Telégrafo electro-impresor de House.*—Este ingenioso y un tanto complicado instrumento, registra los mensages en letras claras de imprenta. Su mecanismo es un modelo admirable del ingenio inventivo del hombre, mas ni con el auxilio del grabado podriamos dar una idea distinta e inteligible de su composicion.

En el telégrafo de House se hace tambien uso del electro-iman, ligándolo a una maquinaria algo intrincada; y cuyo resultado viene a ser, que el operante, con tocar veintiocho teclas, de que está provisto a la manera de un piano (representando 25 letras y dos puntuaciones), puede imprimir sobre una tira de papel con tipos comunes en el otro extremo, o estacion, el mensaje trasmitido. En general, se puede decir que ha sido el ánimo de su inventor, hacer que el operante o manipulador gobierne el aparato por la agencia del aire comprimido, que es dominado por una corriente eléctrica, y esta regula a su vez los *escapes* del aparato registrador. Se imprime con él como cien letras por minuto en un circúito de 150 millas. Otra recomendacion es su exactitud; puesto que siendo trasmitido el mensage en letras capitales, no es necesario trascribirlo, y se envia tal como fué recibido a la persona a que va dirigido.

992. EL TELÉGRAFO ELECTRO-QUÍMICO depende de la descomposicion por una corriente eléctrica del ferrocianuro de potasio (sal de hierro) con que está saturado el papel, y la produccion de una mancha azul o roja en él. El mismo mecanismo de relojeria usado en el de Morse, lleva el papel sobre un cilindro metálico, que es un polo del circúito, mientras una pluma de acero (si se quiere dar una marca azul, o de cobre para el rojo) unida al otro polo, carga firmemente sobre el papel: el mas mínimo pasaje de fuerza eléctrica descompone el prusiato de potasio, otro nombre de la sal, con que

---

991. En qué consiste el telégrafo de House? 992. Bajo que principios está construido el telégrafo electro-químico de Bain y otros? Cómo se trasmite por él los mensajes?

está impregnado el papel, causando una mancha. Tal es el principio del aparato de M. Bain, de Escosia.

A fin de mantener la humedad requerida en el papel, Maison-Neuve ha propuesto que se le impregne de una solucion de nitrato de amoniaco, una sal que atrae de tal modo la humedad, que hace que el papel esté siempre humedecido. Para que se obtenga mas rapidez, Bain ha inventado tambien una maquinita para taladrar el papel, llamada el *compositor* o *multiplicador*, por la cual se *compone* ántes el mensaje, cortando sucesivamente sobre el papel unos agujeritos que corresponden a los puntos y rayas del sistema Morse. Hecho esto, se interpone la tira de papel entre una roldanita metálica y una lámina elástica, tambien de metal, que hacen parte la una y la otra de la corriente que va de la estacion de partida a la de llegada. Humaston ha mejorado despues el mecanismo de este compositor, y combinando este aparato con el sistema de leer de Bain, es posible trasmitir tres mil señales por minuto, igual a seiscientas letras, o ciento veinteicinco palabras de cinco letras cada una. Este papel agujereado ocupa el lugar de la llave de señales para romper el circüito en la trasmision de los despachos. Una débil corriente basta para efectuar la descomposicion, y no hai así necesidad de pilas auxiliares.

Telégramos autógrafos se trasmiten tambien por el método electro-químico, escribiendo sobre el cilindro trasmitente con una solucion de cera, y haciendo despues que un punzon o trazador atraviese el cilindro en una espiral compacta de uno a otro extremo. El resultado viene a ser la interrupcion de la corriente donde está la cera, quedando un blanco correspondiente en la estacion receptora. La union de estos espacios blancos da lo que estaba escrito en cera con una letra blanca sobre un fondo negro.

993. Telégrafos submarinos.—El primer telégrafo submarino fué el que atraviesa el canal de la Mancha, desde Dover, en Inglaterra, al cabo Gris Nez, en la costa de Francia. Desde entonces (1851) a la fecha hai varios establecidos; pero la tentativa, por un momento feliz, de echar un telégrafo a traves del Atlántico, en 1858, será siempre memorable en la historia.

Se extendia este mas de 2,000 millas, desde la Bahia de Valencia, en Irlanda, hasta la Bahia de la Trinidad, en Terranova. El alambre conductor se componia de siete cordones de cobre del nº. 32, torcidos en una sola cuerda, y encerrado en varias capas de guta-percha refinada. El todo estaba recubierto con 17 cordones de alambre de hierro retorcido; y pesaba como 2,000 libras por milla naútica (fig. 348). Los cabos que debian yacer sobre la costa eran mas gruesos todavia. El problema era saber, si se podria trasmitir señales por este *cable* con suficiente rapidez para ser útil.

Faraday ha demostrado que un alambre cubierto de guta-percha tenia

---

Cómo se trasmiten telégramos autógrafos? 993. Cuáles fueron los primeros telégrafos submarinos establecidos? Cómo estaba preparado el proyectado telégrafo tras-

Fig. 848.





bajo el agua el carácter de un condensador eléctrico o botella de Leyden, y estando cargado por induccion, debe descargársele ántes de que pase por él otra onda eléctrica; y que siendo frecuentes las comunicaciones telegráficas, causarian una especie de tremor en vez de pulsaciones distintas. No es posible asegurar mas del valor de esta opinion, sino que durante el breve tiempo que estuvo en ejercicio se trasmitieron varios mensajes con alguna dificultad, lo que se atribuyó mas bien a la falta de instrumentos propios.

994. Relojes y registros electro-magnéticos.—El péndulo de un reló puede ser empleado, por un mecanismo sencillo, para abrir y cerrar el circúito de un aparato telegráfico, y cada oscilacion de segundo de aquel puede ser así registrado con puntos y rayitas como un mensage o telégramo. De esta manera, un astrónomo que observa el tránsito de las estrellas con su telescopio, con poner solo la mano sobre la llave de señales cierra el circúito en el tiempo exacto que quiere recordar, y el pasaje del astro quedará fijamente marcado, con inerrable certeza, entre las oscilaciones del reló y sobre el papel, señalando los segundos y sus subdivisiones,tal cual de otra manera no seria posible obtener.

El momento del pasaje de nn astro por el meridiano de un observatorio, qne está comnnicado por un alambre con otro distante, suministra tambien nn medio exacto de verificar la diferencia de longitnd, entre dos lugares, marcando en ambos la hora fija del tránsito; y se llama este el *método americano de longitudes.*

El mismo principio puede aplicarse para trasmitir la misma corriente eléctrica a un número cualquiera de relojes, ya en nn mismo lngar o en diferentes lugares, consiguiendo de esta manera una exacta uniformidad de horas. Se efectua esto uniendo por alambres varios relojes con uno qne sirva de tipo; y que está así mismo ligado con nna pila galvánica, de modo que todos los péndulos cierran el circúito simultancamente. Un sistema de rodajes comunica los péndulos con las manos y punteros de los relojes, qne andan entonces con perfecta unanimidad. Tal es el sistema empleado en algunas líneas de ferro-carriles para saber la hora exacta comun en todas sus estaciones.

atlántico? Qué ha observado Faraday sobre los alambres bajo el agua? 994. Cómo se ha aplicado los relojes electro-magnéticos a las observaciones astronómicas? Cómo

995. *Aparatos de alarma* para incendios han sido construidos conforme al principio del telégrafo electro-magnético, por medio del cual se da la alarma simultaneamente en varios puntos o estaciones, ligadas por alambres con una estacion central. El velador que está de guardia en esta, no tiene mas que completar y romper el circúito, para ser informado por señales telegráficas del cuartel en que ha aparecido el fuego, y entonces toca en todas las estaciones las campanas de alarma un cierto número de veces convenido para cada cuartel. Un aparato de esta clase ha estado por muchos años en ejercicio en la ciudad de Boston, como tambien en Nueva York.

Magneto-electricidad.

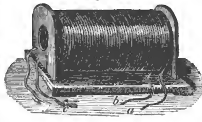
996. CORRIENTES INDUCIDAS POR OTRAS CORRIENTES.—No solo es el magnetismo desarrollado por las corrientes eléctricas, sino que tambien las corrientes eléctricas son producidas por el magnetismo. Este último descubrimiento venia a ser la consecuencia necesaria del primero, y en 1831 a 32 Faraday anunció este fenómeno de las *corrientes inducidas*, que forma el nuevo ramo de la ciencia física denominado *Magneto-electricidad.* La argumentacion de Faraday era como sigue:—

1°. *Así como un alambre conductor de una corriente produce los efectos de un iman, tambien debe provocar por induccion otra corriente en un alambre cercano.*

2°. *Así como el magnetismo es inducido por las corrientes eléctricas, tambien los imanes, bajo ciertas condiciones, deben provocar corrientes eléctricas.*

997. *Experimentos.*—La primera tésis sostenia Faraday de este modo: Arrollad estrechamente un doble hélice, o bobina, compuesto de dos alambres paralelos cubiertos de seda, sobre un cilindro de madera; el cual se retira en seguida, dejando un hélice hueco pero perfectamente aislado, cuyos dos alambres se extiendan uno al lado del otro durante todo el curso. Haced que los extremos, *b c*, fig. 349, de un alambre se comuniquen con un galvanómetro, o espiral magnética, mi-

Fig. 349.



para uniformar las horas en diversos pasajes? 995. Cómo estan formados los aparatos de alarma electro-magnéticos? 996. Quién descubrió el magneto-electricidad? Cuál fué su razonamiento o punto de partida? 997. Cómo se demuestra la induccion de

entras la corriente de una pila entra el otro alambre por *c*, y va salir en *d*. Cuando ocurre contacto entre *c* y la pila, la aguja del galvanómetro es desviada por una corriente que se mueve en la *misma direccion* con la pila, o sea la corriente *primaria*, mas solo por un corto instante. Despues de unas pocas vibraciones la aguja queda estacionaria, aunque la corriente de la pila fluya aun. Rómpase ahora el contacto entre el alambre, *c*, y la pila, y la aguja del galvanómetro es desviada de nuevo por una corriente secundaria o inducida; pero esta vez se mueve en una *direccion opuesta* a la primera. Estas corrientes se llaman *secundarias o inducidas*. No son mas que *momentáneas*, pero se rennevan con cada interrupcion del circúito de la pila, y su fuerza es exactamente proporcional a la fuerza de la corriente primaria o inducente. Si se coloca una masa de hierro dulce (o mejor un atado de alambres do hierro dulce) en el centro del hélice, se aumenta considerablemente la fuerza de las corrientes inducidas. Esta accion de una corriente do la pila, la llama Faraday *induccion Volta-eléctrica.*

El fenómeno de la induccion eléctrica (§ 870) ofrece una estraña analogia con estos hechos, y hace mui probable que las corrientes eléctricas, en el caso de la induccion voltaica, se deban tambien a la descomposicion de la electricidad natural del segundo alambre por la corriente del primero. Efectivamente, Mr. Henry, del Instituto Smithsoniano de Washington, demostró en 1838 que una corriente de electricidad estática podia ser sustituida por la corriente voltaica con igual resultado. El Profesor Matteuci, de Pisa, ha confirmado esto experimentando en un aparato especial.

998. *Corrientes secundarias de varias órdenes* fueron producidas por Mr. Henry con una série de espiras hechas de cintas de láminas de cobre, alternadas con hélices de fino alambre aislado. Resulta, en este caso, que unas corrientes inducidas causan otras corrientes inducidas de segundo, tercero, cuarto, y hasta novena órden, alternando entre sí en los signos de electricidad positiva y negativa, despues de su primer cambio de corriente de la pila; y alternando tambien en las calidades de intensidad y cantidad, esto es, una corriente de cantidad puede ser inducida de otra de intensidad, y al reves.

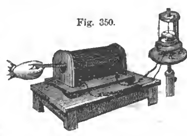
El mismo fué el primero en notar que un largo y grueso conductor do una sola celdilla, daba una viva chispa y causaba choques, cuando sola y con un conductor corto no sucedia asi: un efecto que es mas patente aun y mas activo, si se arrolla en hélice el alambre conductor. En rollos grandes, esta *extra corriente*, como la llaman, produce chispas que se parecen al estallido de una pistola, especialmente bajo la influencia inductiva de un poderoso electro-iman. Faraday explica este fenómeno, diciendo "que la fuerte chispa en un solo y largo alambre o hélice, al tiempo de la desunion, viene a ser el equivalente de la corriente que se produciria en un alambre vecino si se permitiera tal corriente."

999. Corrientes inducidas por imanes.—Si se une el hélice de la fig. 350 con un galvanómetro, y se introduce

---

una corriente por otra? Qué analogia tienen con la induccion eléctrica? 998. Cuándo ocurren corrientes de varias órdenes? Qué es una extra-corriente? 999. Cómo

bruscamente en aquel una barra magnética y se la retira del mismo modo, la aguja del dicho galvanómetro señala el movimiento de una corriente de electricidad opuesta en ambos casos, y cuya direccion es en cada caso encontrada a


Fig. 350.

la de la corriente que produciria un iman como el que se emplea, segun la teoría de Ampère. Cambiando las puntas de la barra, el galvanómetro da movimientos contrarios. Tal es el caso de la *induccion electro-magnética.*

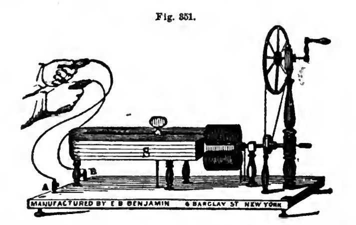
El mismo hecho se observa de dos modos, a saber: 1°. haciendo girar un platillo circular de cobre entre los polos de un iman de herradura, estando el eje del cobre relacionado con un polo, y su borde con el otro; y se obtendrá una série de chispas, con solo adoptar algun medio de interrumpir la corriente durante la revolucion; 2°. por un hélice en la armadura de un iman, uniéndose respectivamente los extremos del hélice con los polos, y deslizando bruscamente la armadura desde los polos del iman, se verá una chispa; y si se ase de los alambres al mismo tiempo, se sentirá un choque. Este hecho habia sido anunciado primero en 1831 por Nobili y Antinori, y Saxton construyó luego un aparato magneto-eléctrico, despues modificado por Clarke, en el que se hace girar la armadura arrollada en un hélice en frente de los polos de un iman, reproduciendo los fenómenos de la electricidad estática y voltaica. Ya Arago habia observado en 1824 la influencia notable que un disco de cobre ejercia en una aguja magnética, deteniendo sus oscilaciones: un efecto que ahora se explica claramente por las corrientes electricas inducidas en el cobre por la aguja, restringiendo las oscilaciones por la reaccion.

1000. *Máquina magneto-eléctrica.*—En la fig. 351 se dibuja una máquina magneto-eléctrica mui sencilla, de que se hace uso comunmente para objetos medicinales y experimentos.

S es un iman de herradura compuesto, sostenido en tres pilares o apoyos. En frente de sus polos, y tan cerca como sea posible sin tocarlos, hai una barra de hierro dulce doblada en ángulos rectos, y enrollada en muchas vueltas de un alambre de cobre aislado. Los extremos de este alambre estan oprimidos por muelles contra una plancha metálica conductora, ligada por alambres que pasan por debajo del bastidor con las copas de atornillar A, B. La armadura de hierro dulce antes aludida, va montada sobre un eje que se hace

se demuestra la induccion de las corrientes por los imanes? De qué otros modos puede hacerse? 1000. Describid la máquina magneto-eléctrica de fig. 351.

Fig. 851.



girar con una rueda y manubrio correspondiente. Entonces se da vueltas rápidamente al manubrio, con lo que cada media revolucion de la armadura viene a poner sus extremos cerca de los polos encontrados del iman, cambiando así su polaridad y causando una fuerte corriente eléctrica en el alambre. Si se añade a los alambres unos pequeños cilindros de cobre, para asirlos uno en cada mano, como se ve en la figura, se recibe una série de choques fuertes, que hacen contraer los músculos de modo que no se puede largar los conductores.

1001. *El magnetismo de la tierra* induce tambien corrientes eléctricas, como lo observó Faraday. Un hélice en la forma de un anillo es hecho girar con su eje en ángulos rectos al meridiano magnético, y por consiguiente cada punto del anillo describe círculos paralelos al plano de este meridiano. Se pone para esto en el eje un *conmutador de polo* para mantener la corriente inducida moviéndose siempre en la misma direccion. Dispuesto así, y ligados sus alambres extremos a un galvanómetro, una desviacion de la aguja señala el curso de una corriente de Este a Oeste, conforme a la direccion de la rotacion.

1002. *La identidad de la electricidad* de cualquier manantial que provenga, queda claramente demostrada por todo lo que antecede. Todos los fenómenos de la electricidad magnética, estática y dinámica, pueden producirse uno por el otro, lo que prueba la conclusion asentada de que

1001. Cómo se prueba la induccion de corrientes eléctricas por el magnetismo terres-

la electricidad de cualquier orígen que sea, no es sino una misma fuerza. Muchas formas de aparatos se han inventado para demostrar satisfactoriamente y en detalle este punto. En nuestros límites no nos es posible mas que mencionar ligeramente uno de ellos, por las aplicaciones que se le ha dado.

1003. Bobina de Ruhmkorff.—Ruhmkorff construyó por primera vez en 1851 bobinas de dos alambres mui extensos, por medio de las cuales se consigue que las corrientes inducidas produzcan, aun con un solo par de Bunsen, efectos físicos, químicos y fisiológicos equivalentes sino superiores a las mas poderosas máquinas eléctricas. Ritchie, de Boston, ha mejorado mas aun este aparato, haciéndole producir un chorro de chispas de mas de *doce* pulgadas de largo al aire libre. El secreto de esta fuerza está en la manera de arrollar el fino alambre, el cual contiene no menos de sesenta y ocho mil pies de extension, aislado, a mas de la seda, con un barniz de goma laca. El alambre inductor se compone de doscientos pies, un séptimo de una pulgada en diámetro. Otras partes principales son el condensador, para destruir por la induccion la fuerza de la *extra-corriente*, pues de otro modo el magnetismo desarrollado en un sentido opuesto, debilitaria el vigor del aparato; y el *interruptor*, o martillo de muelle, cuya vibracion rompe el contacto entre las dos platinas.

Muchos y variados fenómenos curiosos e instructivos han sido producidos por medio de este aparato, habiéndose escrito libros enteros para exponerlos. Una descarga de él basta para matar animales pequeños, y un choque accidental casi costó la vida al distinguido físico, M. Quet. Una série de chispas luminosas, en forma de zig-zag, puede hacerse pasar entre las puntas de platino, o entre esferas, yendo acompañadas de un gran ruido y un fuerte olor de ozona. En el vacío, ocasiona la formacion de un torrente o cascadas de fuego rosado o violeta, que pasan del eléctrodo positivo al negativo; y si el vacio ha sido hecho sobre vapor de trementina o de fósforo, se ven bandas alternadas de luz y oscuridad, o lo que se llama la *estratificacion de la luz eléctrica.* Con el vapor de alcohol, de nafta, hicloro de estaño, o bisúlfido de carbon, se obtiene otros tantos y distintos efectos. Pero la aplicacion mas notable que se haya hecho de la bobina de Ruhmkorff, ha sido la de incendiar minas por medio de la mecha de Stateham, que es un conductor con puntos interrumpidos, que estando enterrados en pólvora, causan la combustion instantanea de distintas minas y a muchas millas de distancia. Este método de reventar minas fué adoptado con mui buen éxito en la construccion de las grandes fortificaciones de Cherbourg.

Diamagnetismo.

1004. Universalidad del magnetismo.—Está demos-

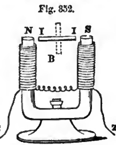
tre? 1002. Es la electricidad una misma en todos los casos? 1003. Dad una idea del

trado ahora por experimentos con poderosos electro-imanes, que la accion de los imanes se ejerce sobre todos los cuerpos con mayor o menor energia: o en otros términos, que todos los cuerpos son sensibles a la influencia magnética. Comprúebase ademas, que esta accion es unas veces atractiva y otra repulsiva; y así los cuerpos que son atraidos, se llaman *magnéticos*, y los repelidos *diamagnéticos*.

Faraday ha sido tambien el que observo primero en 1847 este fenómeno. Experimentando con un aparato compuesto de dos electro-imanes sumamente poderosos, que puedan acercarse entre sí, probó que toda sustancia sólida, flúida, o gaseosa, estaba sometida a la influencia magnética, asumiendo nna posicion ecuatorial o axial, segun su naturaleza, resultando de aquí la clasificacion de sustancias magnéticas, o paramagneticas, como el hierro, níquel, cobalto, manganesio, paladio, crownglass, platino y osmio. Los diamagnéticos son: el arsénico, el éter, el alcobol, oro, agna, mercurio, flint-glass, estaño, vidrio-pesado, antimonio, fósforo y bismuto.

1005. *Experimentos.*—En la fig. 352 tenemos un aparato mui sencillo para demostrar la diferencia de estas dos clases de sustancias.

Fig. 352.



N, S, son los polos de un electro-iman, comunicado con una pila por los alambres, C, Z. Suspendiéndose entre estos polos una barra de hierro, níquel, u otra sustancia magnética, vendrá a colocarse con sus extremos, mas o menos, en la posicion indicada por las letras I I. Al contrario, una barra de bismuto o de otra sustancia diamagnética, puesta bajo las mismas circunstancias, será repelida, situándose en ángulos rectos a la primera, como se nota por las líneas entrecortadas, es decir, con sus lados opuestos a los polos del eje, y sus extremos tan distantes como es posible. Lo mismo sucede si se las presenta a cada polo por separado.

Igual experimento puede hacerse con los liquidos y gases contenidos en un tubo. La llama de nna vela es tambien repelida, cuando se la pone entre dos polos horizontales; y si provieno de nn gas combnstible será afectada de distintas maneras. La llama de la trementina describe una parábola, cuyos brazos se extienden a una gran distancia y van coronados de nna espiral de humo. El oxígeno es magnético en el aire, mas cuando calentado se vuelve diamagnético.

1006. *Teoria del diamagnetismo.*—Faraday supone que todo el espacio

---

aparato o bobina de Ruhmkorff y sus efectos. 1004. Qué cuerpos son magnéticos y cuáles diamagnéticos? 1005. Cómo se demuestra esto experimentalmente? 1006. Cuáles son las ideas de Faraday sobre el magnetismo?

dentro y fuera de los limites de nuestra atmósfera, está atravesado por *líneas de fuerza*, entre las cuales se incluyen las de fuerza magnética (§ 934). No es mas difícil concebir que exista una fuerza sin materia, como una materia sin fuerza, pues conocemos la materia principalmente por los efectos que produce sobre ciertas fuerzas en la naturaleza. Las líneas de fuerza magnética atraviesan el espacio vacío sin cambiar, mas viniendo en contacto con la materia de cualquiera especie, se concentran sobre ella o se dispersan, conforme a la naturaleza magnética o diamagnética de aquella. Tal es mui sumariamente expresada la idea de aquel ilustre físico.

CAPÍTULO XX.

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA.

1007. Objeto de la meteorología.—Se llaman *meteoros* los fenómenos que se producen en la atmósfera, y *meteorología* la parte de la física que tiene por objeto el estudio de los meteoros.

Se dividen los meteoros en *aéreos*, que son los vientos, los huracanes y las trombas; en meteoros *acuosos*, que comprenden las nieblas, las nubes, la lluvia, el rocío, el relente, la nieve y el granizo; y en *luminosos*, como el rayo, el arco iris y las auroras boreales.

1008. *Causa de los vientos.*—El viento es el aire en movimiento. Los vientos son causados por las variaciones en la temperatura de la tierra, producida en parte por la alternativa del dia y la noche, y por el cambio de las estaciones. Caliéntase el aire que está en contacto con la porcion mas cálida de la tierra, y siendo mas leve entonces, se levanta, mientras que el aire circunvecino se precipita por debajo para ocupar su lugar. La revolucion de la tierra sobre su eje, es tambien otra causa importante que modifica el estado termal del aire, y le hace perder su equilibrio. A veces tienen por orígen el súbito trastorno de grandes volúmenes, como es el caso con la caida de una avalancha, o la

---

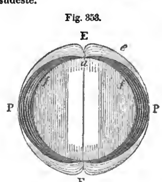
1007. Qué son meteoros y qué meteorología? Cómo se dividen aquellos?

rápida marcha de un convoi de ferro-carril.—Los vientos se dividen en tres clases: regulares, periódicos y variables.

1009. *Vientos regulares* son aquellos que soplan continuadamente en una direccion casi constante. Ocurren estos en las regiones ecuatoriales, en ambos lados del ecuador, como a los 30° de latitud. Los que corren en el hemisferio boreal soplan del noreste al sudoeste; y los en el hemisferio austral, del sudeste al noroeste.

Los vientos regulares, cuyo conocimiento hoi tanto aynda y facilita la navegacion, son producidos por la desigual distribucion del calor en la superficie de la tierra, y por la rotacion de esta sobre su eje. Las regiones ecuatoriales se calientan intensamente a causa de la posicion vertical del sol, y la temperatura va disminuyendo gradualmente acia los polos. Este aire cálido en el ecuador, se alza y corre a las regiones superiores de la atmósfera y acia uno y otro polo. Al mismo tiempo, se establecen corrientes en la superficie de la tierra para suplir el aire así elevado; y si la tierra estuviera en reposo, estos vientos soplarian de norte a sur. Mas la tierra está girando sobre su eje, de este a oeste en el ecuador; y por tanto la velocidad oriental es la mas grande, pero disminuye por grados acia los polos. Como consecuencia de esto, el viento que sopla del polo norte acia el ecuador, toma una direccion occidental, y parece venir del noroeste; y por la misma razon, el viento que sopla del polo norte al ecuador, adquiere un curso oriental, y parece venir del sudeste.

Fig. 353.

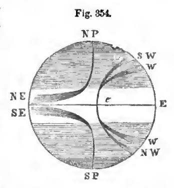


Esto se explica mas claro en la fig. 353. P P son los polos, E E el ecuador, E *e* P es la corriente de aire cálido que se levanta en el ecuador y pasa al polo, y P *f a* es la corriente polar que se avanza al ecuador. Si la tierra fuese inmóvil, estas corrientes soplarian al norte y sur; pero a causa de la rotacion diaria de la tierra de oeste a este, las corrientes toman una direccion noreste en el hemisferio boreal, y sureste en el austral. La tierra se mueve diariamente en el ecuador a razon de 1000 millas por hora de oeste a este, mas este movimiento va disminuyendo a medida que se avanza a cada uno de los polos: en la latitud 60° es de 500 millas, y cesa al fin enteramente en el mismo polo. La corriente de viento que viene entonces de los polos, tiene menos velocidad que la superficie que atraviesa, de modo que la tierra se mueve acia el este con mas presteza que el aire, que es dejado atras; o en otras palabras: en vez de una corriente norte, tenemos una noreste.

1008. Cuáles son las causas de los vientos? En qué se dividen? 1009. Qué son

En la fig. 354, E *e* es el ecuador, N P el polo Norte, S P el polo del Sur. La corriente de viento que viene del N, se ve divergir al N E asi que entra la linea de la zona tórrida; mientras que la corriente S se vuelve al S E de la misma manera. Partiendo la corriente superior en *e* con una velocidad ecuatorial de 1000 millas por hora, cuando se avanza al norte sobrepasa la velocidad de la zona templada, y resulta un viento suroeste y oeste. En el hemisferio austral, produce un viento noroeste y oeste. Asi se explica la prevalencia de los vientos suroeste y oeste en la zona templada del norte, y el noroeste y oeste en la zona templada del sur. Si los hemisferios norte y sur se calantaran igualmente, el ecuador seria el limite comun de los dos vientos regulares, mas a causa de la mayor cantidad de tierra en el hemisferio del norte, es mas cálido que en el sur, y el término entre los dos vientos viene a ser, por tanto, como tres grados al norte del ecuador. No que *se encuentren realmente*, sino que al acercarse al ecuador se van calentando gradualmente y adquieren una direccion ascendiente, de modo que su mocion horizontal ya no se percibe. Esto produce una zona como de tres a diez grados de latitud Norte, que se llama la *zona de los vientos variables y de las calmas.*

Fig. 354.



1010. *Vientos periódicos* o *etesios* son los que soplan regularmente en la misma direccion, en la misma estacion del año, y horas del dia. Los mas notables de estos son los *monzones* y las *brisas de mar* y *de tierra.*

Los monzones se notan en los trópicos o mui cerca de ellos; y soplan seis meses en una direccion y seis meses en la otra. La causa de este viento se halla en el efecto producido por el sol en su progreso anual de un trópico a otro, calentando sucesivamente la tierra a uno y otro lado del ecuador. Obsérvase principalmente en el mar y el golfo de Arabia, en el golfo de Bengala y el mar de la China.—El *samum* es un viento cálido que sopla sobre los desiertos de Asia y Africa; y se hace notar por su alta temperatura y la arena que arrastra consigo a la atmósfera. Este viento del desierto del Gran Sahara sopla sobre la Argelia e Italia, y llega aun a las playas del norte del Mediterraneo, donde ya toma el nombre de *siroco*, o *jaloque*, y en Egipto de *jamsin.*

En las islas y costas tropicales, y aun en las regiones templadas, ocurre diariamente una *brisa de mar* o *virazon*, que sopla del mar a la tierra durante el dia, y va desapareciendo gradualmente para ser reemplazada por una *brisa de tierra* o *terral*, que viene de la tierra al mar. En algunos lugares apenas son perceptibles estas brisas mas allá de la costa; y en otros, se extienden al inte-

---

vientos regulares y que los produce? 1010. Qué son vientos periódicos, y cuales son los principales? Qué son los monzones? Qué son el samum y el siroco?

rior por millas. Las causas de estas brisas son mui aparentes. Durante el dia, mientras brilla el sol, la tierra adquiere una temperatura mas elevada que el agua del océano circunvecino. El aire que está sobre la tierra, se calienta y sube, y entonces lo reemplaza el que sopla del mar, y resulta la brisa marina. Mas una vez que va descendiendo el sol, la tierra pierde rápidamente su calor por radiacion, mientras apenas cambia la temperatura del océano. A causa de esto, el aire sobre la tierra se enfria y corre acia el agua, constituyendo la brisa del mar. Al mismo tiempo, en las regiones mas altas de la atmósfera, el aire sopla del mar a la tierra.

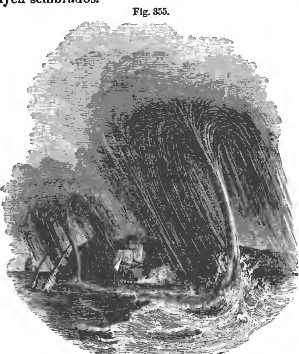
1011. *Los vientos variables* son los que soplan unas veces en una direccion y otras en otra, sin sujecion a lei alguna. En las latitudes medias es mui variable la direccion de los vientos; pero avanzando acia los polos, aumenta esta irregularidad, y en la zona glacial soplan a veces desde muchos puntos del horizonte. Son mas regulares, al contrario, cuando nos acercamos a la zona tórrida. El viento del suroeste domina en el norte de Francia, en Inglaterra y en Alemania; en el mediodía de Francia se inclina mas acia el norte, y ya en España e Italia predomina el norte. En la América del Norte reina por lo regular el noroeste, y en la Meridional el sur. La naturaleza y forma de las montañas, los grandes cuerpos de aguas, y muchas otras causas contribuyen a dar direccion a los vientos.

1012. Los HURACANES son unas terribles tempestades acompañadas muchas veces del trueno y del rayo; y se distinguen de las tormentas ordinarias por su extension, su fuerza y los súbitos cambios de direccion. Por numerosas observaciones hechas, " parece que los huracanes son tempestades, en la forma de torbellinos o remolinos de viento, que giran alrededor de un eje recto o inclinado al horizonte, mientras que al mismo tiempo el cuerpo de la tempestad tiene una mocion progresiva sobre la superficie de la tierra." Tal es la teoria de Redfield y Reid. Esta velocidad progresiva varía de 10 a 30 millas por horas; y la velocidad rotatoria es a veces de 100 millas por hora. El diámetro de un huracan es de 100 a 500 millas, aunque en Cuba se les ha conocido aun de proporciones mayores.

Cuáles son las brisas de mar y las de tierra? De qué provienen? 1011. Qué son vientos variables y en que latitudes prevalecen? 1012. Qué son huracanes y cómo se

1013. Las trombas o remolinos se distinguen de los huracanes, principalmente por su extension y continuacion. Rara vez cubren mas que unas pocas brazas, y toda su marcha no pasa de 25 millas de largo. La tempestad no dura mas que unos pocos segundos en un lugar. A veces son de una fuerza prodijiosa, y arrancan árboles, vuelcan casas y destruyen sembrados.

Fig. 355.



Las *trombas de agua* o *mangas marinas* (fig. 355) ocurren en el mar Las aguas se agitan y se elevan en forma de un cono, al paso que las nubes bajan, constituyendo así un cono invertido ; y los dos conos se reunen por sus vértices, y dan orígen a una columna contínua del mar a las nubes. Sin embargo, el agua de las trombas no es salada, ni aun en alta mar, lo cual prueba que las mangas se componen sobre todo de vapores condensados.

les explica? 1013. En qué se distinguen las trombas de los huracanes? Cuáles son

Mui dividida está la opinion de los físicos sobre el origen de las trombas. Kæmtz, un distinguido meteorologista aleman, supone que son vientos encontrados qne se cruzan costado con costado, o que prevalece un viento mui fuerte en las altas regiones de la atmósfera, cuando abajo está claro. Peltier y otros físicos atribuyen las trombas a una causa eléctrica.

1014. *Los anemómetros* son unos instrumentos para medir la velocidad de los vientos. El de Waltmann es el mas conocido; y no viene a ser mas que un pequeño molino de viento, al cual se agrega un índice para marcar el número de revoluciones por minuto. Cuanto mas fuerte es el viento, mayor será el número de revoluciones. Todo lo que se necesita para averiguar la velocidad de los vientos, es poner este instrumento a un carruage, y observar el número de revoluciones que hace al andar una distancia conocida en un tiempo dado. El efecto será el mismo como si el aire estuviera en movimiento. Se forma al efecto una tabla, que indique la velocidad de un viento que haga girar las paletas 40, 50, 60 o mas veces por minuto.

La velocidad de los vientos varia desde aquel que apenas mueve una hoja, hasta el qne trastorna las mas grandes encinas. Smeaton ha clasificado los vientos como sigue segun su velocidad y fuerza.

Velocidad del viento. Millas por hora.	Fuerza perpendicular por pies cuadrados, en libras avoirdupois.	Nombres comunes de los vientos.
1	.005	Casi calma.
4	.079	Brisa suave.
5	.123	
10	.492	Brisa fresca.
15	1.107	
20	1.968	Temporal.
25	3.075	
30	4.429	Vendaval.
35	6.027	
40	7.873	Ventarron.
50	12.300	Tempestad.
60	17.715	Gran tempestad.
80	31.490	Huracan.
100	49.200	Violento huracan.

Fenómenos acuosos.

1015. Humedad del aire.—El aire contiene siempre algun vapor de agua. Esto queda demostrado colocando

las peculiaridades de las trombas marinas, y a qué se las atribuye? 1014. Que son los anemómetros? Cómo está hecho y se usa el de Waltmann? Cuál es la veloci-

en la atmósfera un vaso lleno de hielo, o de alguna mezcla frigorífica; y a poco despues el vapor del aire se condensará en las paredes del vaso, en la forma de pequeñas gotitas de agua.

Se dice que el aire está *saturado de humedad*, cuando contiene tanto vapor de agua como es posible sostenga arriba en una temperatura dada. Que esta capacidad es mayor en proporcion que se eleva la temperatura, se prueba por la siguiente tabla.

Un volúmen de aire puede absorber—

A los 32° F.	la 160va.	parte de su propio peso de	vapor	acuoso.
" 59°	" 80va.	"	"	"
" 86°	" 40va.	"	"	"
" 113°	" 20va.	"	"	"

Se notará por esto que para cada 27° de temperatura sobre los 32°, se dobla la capacidad del aire para contener humedad. De aqui se deduce que, mientras la temperatura del aire aumenta en una série aritmética, su capacidad para la humedad crece en una série geométrica.

1016. *Humedad absoluta y humedad relativa* son dos términos que se refieren, el primero, a la cantidad de humedad contenida en un volúmen dado de aire. La humedad absoluta es mas grande en las regiones equinoxiales, y disminuye acia uno y otro polo; mengua así mismo con la altura, pero se ignora en que proporcion. La humedad absoluta es mayor tambien en las costas que en el interior, y menos en la mañana que a mediodía.

La expresion *humedad relativa* se refiere a la humedad en la atmósfera, o su proximidad a la saturacion. Este estado depende de la influencia mútua de la humedad absoluta y la temperatura. Se considera seca una atmósfera cuando el agua se evapora rápidamente, o una sustancia mojada se seca pronto. Los términos secos y mojados indican un estado de humedad relativa de la atmósfera, y no tienen referencia alguna a la cantidad absoluta presente, porque un aire humedo se vuelve seco elevando la atmósfera, y un aire seco se pone húmedo, enfriando aquella.

1017. HIGROMETRÍA. HIGRÓMETROS.—La *higrometría* tiene por objeto determinar la cantidad de vapor de agua contenido en un volúmen determinado de aire. Los *higrómetros* son unos instrumentos que sirven para determinar la humedad de la atmósfera. Los hai de varias clases, y

---

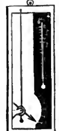
dad del viento y qué nombre toma conforme a ella? 1015. Cómo se conoce la humedad del aire? Cuándo está saturado y en que proporcion se halla con la temperatura? 1016. Qué es humedad absoluta y qué relativa? 1017. Qué es higrometría, y qué son

pueden clasificarse como sigue: higrómetros químicos, higrómetros de absorcion, los higrómetros de condensacion, y los psicómetros.

Todas las sustancias higrométricas, o que tienen afinidad por el agua, son higrómetros químicos. Se determina la cantidad de humedad del aire con estas sustancias, llenando un tubo con cloruro de calcio, por ejemplo, y pasando por él un volúmen conocido de aire. El aumento de peso en el tubo, despues de hecho el experimento, indica el peso de la humedad presente en el aire. Este método produce los mejores resultados, pero es difícil de ejecucion.

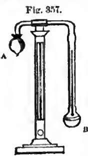
1018. *Los higrómetros de absorcion* estan fundados en el hecho de que ciertas sustancias orgánicas se alargan en una atmósfera húmeda, y se contraen en una seca. El higrómetro de Saussure, fig. 356, consta de un marco de metal, en el que hai colgado un pelo. Este pelo va atado por la parte de arriba, y el otro extremo, arrollado sobre una polea, es tirado acia abajo por un pequeño contrapeso. El eje de la polea lleva una aguja, que se mueve sobre un arco graduado a medida que el pelo se alarga o se encoje. El instrumento se gradua marcando cero en aquel punto de la escala en que la aguja se para, cuando se pone el aparato en una atmósfera perfectamente seca, y un ciento en el punto marcado por la aguja en una atmósfera saturada de humedad. El intervalo entre estos dos puntos se divide entonces en cien partes iguales, que indican los diversos grados de humedad.

Fig. 356.



En el mismo principio se fundan otros instrumentos llamados *higróscopos*, que sirven para mostrar la mayor o menor humedad en la atmósfera, mas no suministran indicacion alguna de su cantidad. Tienen generalmente la forma de una figura humana. Si es mucha la humedad presente en el aire, una cuerda dentro del aparato se afloja, con lo que se abre sobre la cabeza de la figura un paragua, o se cala una capucha; y poniéndose menos húmedo el aire, se contrae la cuerda, y se descubre de nuevo. El cáliz de algunas flores, como las cápsulas de una especie de malva, que se encuentra en el Asia Menor, hacen de higróscopos sensibles, que se abren o cierran con los cambios de humedad, mucho despues que han sido cortadas de la planta.

Fig. 357.

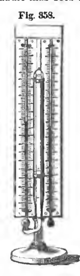


1019. *De los higrómetros de condensacion*, el mejor es el de Daniell, fig. 357. Consiste este de un tubo de vidrio doblado en ángulos rectos, que lleva una esfera en cada extremo. La esfera B del brazo largo, está parcialmente llena de éter, y tiene dentro otra esfera de un delicado termómetro, con el vástago incluido en el brazo del instrumento. Para expeler el aire se hace hervir el éter, cuyo vapor ocupa su lugar en el tubo.

higrómetros? Cuáles son los higrómetros químicos? 1018. Describid el higrómetro de absorcion de Saussure. Qué son higróscopos? 1019. Describid el higrómetro de

Se cubre la esfera A del brazo corto con una muselina fina; y en el pilar o sosten del aparato, se coloca otro termómetro. Para determinar por este instrumento el *punto en que se forma el rocío*, o sea el estado higrométrico de la atmósfera, se deja caer unas pocas gotas de éter sobre la esfera cubierta de muselina, con lo que se establece la evaporacion del éter, se enfria la atmósfera, y condeusa el vapor etéreo de adentro. A consecuencia de este efecto, se evapora el éter en B, causando una baja en la temperatura que señala el termómetro interior. Llegada a un cierto punto la humedad atmosférica, comienza a formarse un anillo de rocio en el exterior de la esfera B. La diferencia en este instante entre los grados indicados por los dos termómetros, denota la humedad relativa de la atmósfera. Cuanto mas seco es el aire, mayor es la diferencia. El higrómetro de Regnault está basado en el mismo principio del anterior, solo que en lugar de la camisa de muselina, se hace evaporar el éter en una cápsula de plata delgada y pulimentada.

Fig. 358.



1020. *Los higrómetros de evaporacion*, o *psicrómetros*, estan fundados en la rapidez de la evaporacion del agua en el aire. El mas comun es el de August, que consiste de dos termómetros, uno puesto al lado del otro, en un marco o caja. La esfera de uno de ellos va cubierta con una fina muselina, cuya parte inferior chupa en una jicara o vaso el agua, que la mantiene húmeda. Se establece entonces la evaporacion en la esfera húmeda, con una rapidez que varía con la humedad de la atmósfera, lo cual produce una baja correspondiente en la temperatura del termómetro. Con el uso de una fórmula, que se encuentra en los tratados cientificos especiales, o que acompaña al instrumento, se determina el estado higrométrico de la atmósfera por la diferencia observada en los dos termómetros. Se le conoce en los Estados Unidos como *Higrómetro de Mason* o *Termómetro de bola húmeda.*

1021. *Las nieblas* son masas de vapor acuoso, que condensadas en la atmósfera, ocupan sus regiones bajas y enturbian su trasparencia. Estas son causadas por la union de una masa de aire frio con otra mas cálida y húmeda. Varios físicos, como Saussure y Kratzenstein, creen que los glóbulos de que está compuesta la niebla son huecos, y que el agua les sirve solo de cubierta; y es probable entonces que estas especies de vejiguillas esten mezcladas con una gran cantidad de gotas de agua.

1022. Las nubes son masas de vapores que flotan en las altas regiones de la atmósfera. Se distinguen de las nie-

condensacion de Daniell. 1020. Describid el principio o base del psicrómetro de

blas solo por su altura; y resultan siempre de la condensacion parcial de los vapores que se levantan de la tierra. Como las nubes flotan comunmente en regiones donde la temperatura está muchos grados bajo el punto del hielo, sin duda se componen de partículas congeladas.

1023. CLASIFICACION DE LAS NUBES.—Las nubes se dividen comunmente en cuatro grandes clases, que son: los *cirrus*, los *cumulus*, los *stratus* y los *nimbus*.

El *nimbus*, o nube de lluvia, está caracterizado por su forma tempestuosa; y se distingue de las otras nubes por su color gris uniforme y sus bordes franjeados.—El *cumulus* aparece en la forma de un hemisferio que tiene por base el horizonte; y consiste muchas veces en masas separadas, que se unen en una vasta nube. Cuando iluminadas por el sol, se asemejan a montañas de nieve. El cumulus es una nube del dia; y se muestra en toda su belleza en los hermosos dias de verano.—El *stratus* consiste de unas sábanas de nube, o capas de vapor, que se prolongan y parecen descansar sobre el horizonte. Se forma al ponerse el sol, crece durante la noche, y desaparece al salir el sol. No dista demasiado de la tierra.—El *cirrus* se parece a unos rizos de pelo desatados, componiéndose de filamentos delgados como de pluma o lana carda, que toman una variedad de bellas figuras. Esta nube flota en regiones mas elevadas, y probablemente está compuesta a menudo de plumillas de nieve.

Se distingue las formas intermedias de nubes por los nombres de *cirro-stratus*, *cirro-cumulus* y *cumulo-stratus*.

1024. LA LLUVIA es el vapor de las nubes o del aire precipitado en gotitas a la tierra. La lluvia es producida generalmente por la rápida union de dos o mas volúmenes de aire húmedo, que difieren notablemente en temperatura; y que cuando se mezclan sus varias partes, son incapaces de absorber la misma cantidad de humedad, que cada una de ellas hubiera contenido, si no se hubieran unidos. Si el exceso es mucho, se deshace y cae la lluvia; y si es pequeño, aparecerá como nube. La produccion de la lluvia es una consecuencia de la lei, segun la cual la capacidad del aire para contener humedad decrece en una proporcion mayor que la temperatura.

1025. *El pluviómetro* es un instrumento para medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar durante un cierto tiempo.

August. 1021. Qué son las nieblas y cómo se producen? Cómo se explica la causa de las nieblas? 1022. En qué se distinguen las nubes de las nieblas? 1023. Cómo se clasifica las nubes? Describid lo que son nimbus, cumulus, stratus y cirrus.

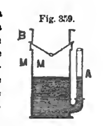


Fig. 359.

El mas simple de estos pluviómetros consiste de una vasija cilíndrica de cobre, M, que lleva una tapa, B, en la forma de un embudo, con una abertnra en el centro de su fondo para dar entrada al agua. Esta tapa impide que ocurra pérdida de agua por la evaporacion. Un tnbo lateral de vidrio, A, graduado con esmero, sale del fondo de la vasija. El agua sube en el tubo a la misma altura que en el cilindro de cobro. Si se deja al aire este aparato por un cierto tiempo, como un mes, por ejemplo, y el pluviómetro indica tres pulgadas de agua, esto quiere decir que la llnvia que ha caido en el intervalo habria cubierto de agua tres pulgadas de la tierra, si la evaporacion o la infiltracion no la hnbiera disminuido.

1026. *Distribucion de la lluvia.*—La lluvia no está igualmente distribuida sobre la superficie de la tierra. Se puede establecer por regla general, que cuanto mas alta sea la temperatura media de un pais, mayor será la cantidad de lluvia que caiga en él. Causas locales producen, con todo, desviaciones notables de esta regla. En los trópicos hai una caida media anual de 95 pulgadas; y en las zonas templadas de 35 pulgadas.

Hai regiones donde son mui raras. En Egipto apenas llueve; y en todo el largo de la costa del Perú, una gran faja de tierra, jamas cae una lluvia. Lo mismo ocurre en la costa de Africa y en algunas partes de la América del Norte; pasando a veces seis o siete años entre una y otra lluvia. Al contrario, en la Guayana llueve durante la mayor parte del año: lo mismo parece acontecer en el Estrecho de Magallanes; y los habitantes del Archipiélago de Chiloó (43° lat. S.) tienen un refran que dice: llueve allí seis dias en la semana, y está nublado el séptimo.

1027. *Los dias de lluvia* son mas numerosos en las altas que en las bajas latitudes, segun se deduce de la siguiente tabla, aunque la cantidad anual de lluvia venga a ser menor en suma. Por consiguiente, las lluvias ordinarias de las regiones tropicales son mas fuertes que las de las regiones templadas.

Latitud Norte.	Numero medio anual de dias de lluvia.
De 12° a 43°	78
" 43° a 46°	103
" 46° a 50°	134
" 50° a 60°	161

La mayor altura anual a que haya llegado la lluvia, es la de 280 pulgadas

1024. De qué proviene la lluvia? 1025. Describid el pluviómetro y su uso. 1026. Cómo está dividida la lluvia en la tierra? 1027. En qué latitudes y lugares son mas o

en San Luis de Marañon; despues se sigue Vera Cruz con 278; Granada, 126; Cabo François, 120; Calcuta, 81; Santiago de Chile, 50; New York, 36; Roma, 39; Londres, 25; Uttenburg, 12.5.

1028. El rocío es la humedad del aire condensada por el contacto con cuerpos mas frios que el aire mismo. La temperatura a que comienza esta condensacion de la humedad, se llama el *punto de rocío* (§ 1019). Este varia conforme al estado higrométrico de la atmósfera; siendo poco mas o menos el de la temperatura del aire, cuando mas completamente saturado se halle este. En los Estados Unidos, este punto es en el verano de 30°, o mas abajo de la temperatura de la atmósfera; mientras en la India se sabe que ha llegado a los 61°.

1029. El Dr. Wells ha dado la siguiente explicacion sobre la causa del rocío. Durante el dia, se calienta la superficie de la tierra con el sol, y el aire se pone tambien cálido por la misma razon. Cuando ha descendido el sol, la tierra continúa radiando el calor sin recibir ninguno en cambio, y con esto disminuye la temperatura. El aire pierde su calor mas despacio, y se enfria solo al ponerse en contacto con la tierra mas fria. Si este enfriamiento llega al punto de rocío del aire, la humedad es condensada en la forma de gotitas, que caen sobre los objetos frios y buenos conductores, como el suelo y la vegetacion.

Las sustancias sobre que cae el rocío, son las que se enfrian mas pronto y mejor, es decir, que tienen mas poder emisivo de radiacion. Un camino polvoroso, las rocas, un suelo estéril y otros cuerpos que se enfrian lentamente, no reciben sino mui poco rocío. Los árboles, arbustos, yerbas y vegetacion de toda clase radian o emiten el calor facilmente, se enfrian pronto, y guardan el rocío en abundancia.

1030. *Circunstancias que influyen en la produccion del rocío.*—Los depósitos mas copiosos de rocío ocurren en las noches frias y serenas, porque cuando hai nubes, estas retornan la radiacion del calor que se escapa de la tierra, lo que impide que esta se enfrie y no haya depósitos de rocío. El mismo efecto resulta de la paja, esteras, etc., que emplean los jardineros y cultivadores para cubrir las plantas delicadas y protejerlas de la escarcha. Algunas noches no hai rocío, o es este mui escaso, porque el aire pasa fuera de la superficie de un cuerpo ántes que esté bastante frio para condensar la humedad.

1031. *La escarcha* resulta, lo mismo que el rocío, de los vapores acuosos contenidos en la atmósfera que se condensan sobre los cuerpos, cuando la temperatura de la noche baja al punto de hielo, formándose unos cristales brillantes. La escarcha se deposita, como el rocío, sobre los cuerpos que

---

menos frecuentes las lluvias? 1028. Cómo se produce el rocío? 1029. Cuál es la teoría de Wells sobre el rocío? 1030. Qué circunstancias influyen en la produccion

mas radian, tales como los tallos y hojas de los vegetales, y carga principalmente en aquellas partes vueltas acia el cielo.

1032. *El relente* es una precipitacion de agua bajo la forma de finísima lluvia, sin que se perciba nube alguna. Este fenómeno se produce durante los grandes calores, y en regiones húmedas, a puesta del sol, cuando las capas inferiores del aire bajan a una temperatura inferior a su punto de saturacion.

1033. La nieve es la humedad congelada que desciende de la atmósfera, cuando la temperatura del aire en la superficie de la tierra está cerca o bajo el punto del hielo. Los mas grandes copos o plumillas de nieve caen cuando la atmósfera está cargada de humedad, y la temperatura del aire es como de 32°; y a medida que aumenta el calor, mayores seran los copos.

El volúmen de la nieve recien caida es diez o doce veces mayor que el agua a que queda despues reducida. Los copos de nieve son cristales de varias formas. Scoresby ha enumerado 600 formas, y dibujado unas 96 de ellas. Kaemtz ha hallado todavia al menos veinte formas mas, que no cuenta Scoresby. Los cristales de nieve no son sólidos, pues de otra manera serian trasparentes como el hielo. Aquellos contienen aire dentro. La reflexion de la luz de tantos cristales, da a la nieve su albura brillante. Durante un tiempo sereno y sin niebla, se producen los cristales de nieve con la mayor regularidad. La fig. 358 presenta algunas de las mas bellas formas de los cristales de nieve.

Fig. 360.

1034. El granizo proviene de la humedad del aire convertida en glóbulos de hielo. Estos granos de hielo tienen generalmente la forma de una pera; y se componen de capas alternadas de hielo y de nieve alrededor de un núcleo nevoso. Para que se forme, es preciso que una masa de aire caliente y humeda se mezcle con otra extremamente fria, de modo que despues de unidas prevalezca una temperatura de hielo. Es difícil, con todo, expresar cual sea este extremo grado de frio.

El granizo es generalmente precursor de las tempestades; rara vez las acompaña, y nunca las sigue. Ocurre mas frecuentemente en los climas tem-

---

del rocío? 1031. De qué proviene la escarcha? 1032. De qué el relente? 1033. Cómo se forma la nieve y que figuras asume? 1034. Qué causa el granizo y cuales son

plados, durante la primavera y el verano, y a veces en los dias mas calorosos. Mui rara vez cae por la noche. El tamaño de las piedras o granos es en algunos casos mui grande; y se las ha visto pesar 6, 8 y 14 lbs.

El *aguanieve* es una lluvia mezclada con nieve, durante un tiempo frio. Ocurre solo cuando hai temporales, y la temperatura es mui variable.

Meteoros luminosos y eléctricos.

1035. Hemos descrito previamente algunos fenómenos ópticos, como el arco iris, el mirage, etc. (§§ 684, 729, 733), así como las leyes de la electricidad atmosférica y muchos de los fenómenos que la acompañan (§ 875, etc.). Nos queda así poco que considerar sobre esta materia.

1036. Aurora boreal.—Bajo este nombre estan comprendidos los fenómenos luminosos que se ven en la atmósfera cerca del polo norte, aunque mui rara vez han sido observadas tambien en la vecindad del polo sur; y toma entonces el nombre de aurora *austral*. La causa de este bellísimo fenómeno no ha podido ser explicada hasta aquí; y aunque demostrado claramente que está intimamente relacionado con la electricidad magnética, no se sabe qué clase de conexion sea esta. Algunos la atribuyen al pasaje de corrientes eléctricas por las altas regiones de la atmósfera, y su variedad de colores se explica por la diferente densidad de las capas de aire por las que atraviesan aquellas (§ 855). Su relacion con la electricidad magnética, está comprobada por las desviaciones que sufre la aguja imantada durante una aurora boreal, produciendo en ella oscilaciones de cerca de 6°; y tambien por su influencia sobre las líneas telegráficas, que se sintió de un modo tan perceptible en toda la América del Norte durante la aurora boreal del 29 de Agosto 1859.

1037. *Descripcion de la aurora boreal.*—Antes de aparecer la aurora, se ha notado varias veces que el cielo en el hemisferio del norte toma un color negruzco, que gradualmente se va cargando, hasta que se forma un segmento circular mas o menos extenso. Este segmento oscuro está limitado por un arco luminoso de un color blanco brillante, que se acerca al azul. El borde inferior de este arco se distingue claramente; y la márgen superior se va

sus caracteres? Qué es el aguanieve? 1035. Qué se dice acerca de los meteoros luminosos? 1036. Qué es una aurora boreal y a qué se atribuye? 1037. Descri-

confundiendo gradualmente con el firmamento. Cuando se forma dicho arco, se le divisa por horas, aunque siempre en continuo movimiento; sube y cae, y se parte en varios lugares. De repente se desprenden nubes de luz separadas en rayos, o con estrías ascendentes como lenguas de fuego, que se mueven de arriba abajo. Cuando son muchos estos rayos luminosos, y sus luces palpitantes o trémulas pasan acia el zénit, forman una brillante masa de luz llamada la *corona*, cuyo centro es cabalmente el punto acia el cual se dirige la aguja de inclinacion. Entonces es cuando la aurora se muestra en su mayor esplendor; y el cielo se parece a una cúpula de fuego sostenida en columnas bamboleantes de diversos colores. Si los rayos pierden su brillo, la aurora desaparece luego; las luces se aclaran un instante, y despues se desvanecen del todo.—La mas notable talvez de las auroras fué la ya mencionada de Agosto último que se divisó en casi todo el norte de Europa y de América, hasta Cuba. Como acia el mismo tiempo, se observó una aurora austral por navegantes cerca del Cabo de Hornos y por los habitantes de Valdivia, en Chile, cuyos detalles no son aun conocidos.

1038. *Clasificacion de los rayos y relámpagos.*—Arago ha dividido los rayos en tres clases: el *rayo de zigzag*, o *de cadena*, *el de sábana* y *el de globo*. De este último hemos ya tratado (§ 878). El rayo en zigzag se supone sea causado por la resistencia que este encuentra en el aire comprimido. Los rayos, o mas bien los relámpagos de sábana son los que aparecen, durante la tempestad, en forma de un fulgor que abraza gran parte del horizonte e ilumina los contornos de las nubes, partiendo a veces del centro de ellas.

Relámpago se dice de la llamarada, y *rayo*, del golpe de la electricidad atmosférica.

Hai tambien relámpagos llamados *de calor*, porque brillan en las noches de verano, sin que en el horizonte se perciba nube alguna y sin que tampoco se note ruido. Atribúyese este fenómeno a la reflexion en la atmósfera de relámpagos mui remotos o no vistos distintamente. Muchos creen que sea ocasionado por el juego de una débil electricidad en el aire mui enrarecido, y que la presion sobre las nubes se disminuye de tal modo que el flúido eléctrico no puede acumularse en su superficie mas que hasta cierto punto, y entonces se desprende silenciosamente en llamaradas acia la tierra.

Las nubes de polvo, cenizas y vapor que despide un volcan activo, son a veces causa de terribles relámpagos y truenos, que se llaman *relámpagos volcánicos*. Se explica este fenómeno por la rápida condensacion de vastas masas de vapor caliente arrojado en el aire.

1039. *Las tempestades acompañadas de trueno* son mas

---

bid una aurora boreal. 1038. En cuántas clases se divide el rayo? Qué son rayos de cadena y de sábana? Qué es el relámpago de calor y cómo se explica? De qué

frecuentes y violentas en la zona tórrida, y van disminuyendo en cantidad acia los polos. Generalmente ocurren en el verano, y despues de mediodía. No se diferencian de las tempestades ordinarias, sino en la rapidez y extension de la condensacion del vapor atmosférico, y en la acumulacion de electricidad; y van comunmente precedidas o seguidas de un cambio en la direccion de los vientos.

1040. Los TERREMOTOS son unos rápidos vaivenes o sacudimientos de tierra horizontales o verticales, y algunas veces giratorios. Mas generalmente ocurren en una direccion linear, aunque a veces se mueven en círculos o prolongadas clípsis, partiendo las vibraciones con una intensidad decreciente del centro a la circunferencia. Su marcha es tan rápida que excede a la de la electricidad, como ha sido comprobado por medio del telégrafo entre las ciudades de Santiago y Valparaiso (Gilliss). Un ruido sordo subterraneo precede casi siempre al sacudimiento; y se ha notado tambien la aparicion de fenómenos luminosos, así como un cambio en la atmósfera, que resulta luego en copiosas lluvias. De estas circunstancias proviene, sin duda, la creencia popular de que los terremotos son simples fenómenos atmosféricos, de algun modo relacionados con la electricidad. Esta teoría mui en voga en el tiempo de Franklin, serviria para explicar como los vaivenes se efectuan simultaneamente sobre vastas porciones de territorio, y porque son mas violentos en las comarcas rocosas; mas las señales atmosféricas ántes aludidas no ocurren siempre.

Buffon atribuye los terremotos a caidas o asentamientos de cavernas existentes en el interior de la tierra; mas esto mismo supondria la existencia de alguna agencia volcánica que pudiera operar este trastorno de los elementos. En efecto, está probado hoi por multitud de hechos aislados, que debe haber alguna relacion íntima entre los volcanes y los terremotos; o que mas bien ambos nacen de una misma causa. Los geólogos han marcado, por esto, como regiones sujetas a temblores, todas aquellas en que se encuentran huellas volcánicas, como vapores gaseosos, manantiales cálidos, sustancias betuminosas y volcanes activos. Se supone así que existe un gran centro de calor interno, que está aun en actividad en las entrañas de la tierra, y que de cuando en cuando rompe sus barreras y asola algunas partes del globo.

---

provienen los relámpagos volcánicos? 1039. Cuándo y en qué latitudes ocurre el

Otra hipótesis sostenida con mucha habilidad por Mr. Mitchell, es la que refiere este fenómeno a una mocion de vaiven que toma a veces la tierra, por causa de una produccion o condensacion de vapores acuosos en el seno del océano. Cree él que la costra de la tierra, llena de cavidades y grietas, está flotando sobre una materia derretida, y que una cantidad pequeña de vapor generada a una gran profundidad de la tierra, producirá un movimiento vibratorio, mientras una mayor cantidad del mismo causará una mocion ondulante.

Otra teoría mas probable, y que cuenta mayor número de hechos y cálculos en su favor, es la avanzada por Mr. Mallet, de Irlanda, y que podriamos llamar la *teoria del movimiento dinámico*. Este geólogo divide el fenómeno en dos clases: aquellos que propiamente pertenecen al tránsito de la onda u ondas por la costra sólida o liquida de la tierra, el aire, etc.; y aquellos que son solo *el efecto* de este tránsito. Ambos deben distinguirse de otras fuerzas coexistentes, como las erupciones volcánicas y la elevacion o depresion permanente de la tierra, que aunque evidentemente ligadas con el origen o causa impulsiva del terremoto, no forman parte del fenómeno. De cualquiera naturaleza que sea este impulso, el resultado fenomenal variará segun sea su origen terrestre o subterraneo. En el primer caso, tendrémos *primero* la *gran onda de tierra*, o verdadero sacudimiento, una real ondulacion de la superficie, que marcha con una velocidad inmensa en todas direcciones del centro del impulso, y va a perderse en fin en el océano; y *segundo*, la *ola forzada de mar*, que penetra en la profundidad del agua montada, por decirlo así, en hombros de la tierra. Si la playa es inclinada y el agua tranquila, la primera onda tendria la misma elevacion de la última; mas no seria lo mismo en la base de una precipitada ribera. Si el centro del impulso, estuviere a una corta profundidad de la superficie, el sacudimiento se hará sentir horizontalmente; pero si parte de mui abajo, el vaiven se propagará en todos sentidos, como caracoleando, y será mas o menos vertical. En este caso tambien pudiera notarse dos olas distintas, una mayor y otra menor, que se siguen casi simultaneamente, una debida a la onda originaria y la otra a la onda que vibra en ángulos rectos a ella. Cuando está roto o abierto el *stratum* de la tierra, como en los volcanes, entonces oimos al tiempo del sacudimiento o coincidiendo con él un *sonido ondulante por la tierra*, y a cierto intervalo de este *un sonido ondulante* por el aire.

Varias objeciones se pudiera hacer a este sistema, como la de que ha habido terremotos en que no se ha percibido ruido ni detonacion alguna, y el hecho bien averiguado de islas que se han elevado sobre el mar con los terremotos. Esto se ha visto, por ejemplo, en la Isla de Sta. Maria, en la Bahía de Concepcion, despues del temblor de Febrero de 1835, que fué elevada algunos pies sobre su nivel antiguo. Mr. Gilliss que ha tratado extensa y hábilmente esta materia, parece inclinarse mas bien a la teoria dinámica de Mr. Mallet, fundada en las leyes de la Mecánica, y sostenida a mas por multitud de observaciones parciales hechas en Chile (Expedicion Astronómica de

---

trueno? 1040. Qué son terremotos? Cuál es la teoria de Buffon, Mitchell y Mallet

los Estados Unidos). El mismo autor refuta la absurda idea de que los terremotos afectan la salubridad pública.

Aunqne el estudio sobre los terremotos corresponda mas bien a la Geología, no es de ningun modo estraño a las leyes y principios de la Fisica, como se habrá notado por el breve resúmen anterior. Nos ha parecido conveniente aludir aquí a este desastroso fenómeno, principalmente con el objeto de llamar acia él la atencion de los estudiosos y observadores de la naturaleza, e inducirlos a estudiar con esmero y sin temor todas las circunstancias y condiciones qne acompañan a las terremotos, para que contribuyamos cada cual en nuestro alcance con los datos y observaciones que sirvan para aclarar una materia de tan vasta importancia.

Climatología.

1041. Clima y estaciones.—Se entiende por *clima* la condicion o estado de un lugar con relacion a los varios fenómenos de la atmósfera, como la temperatura, la humedad, etc.; y por consiguiente, *climatología* es la parte que se refiere a la explicacion de dichos fenómenos.

Cada una de las cuatro divisiones del año, la primavera, el verano, el otoño y el invierno, es una *estacion*. Las estaciones astronómicas se regulan por la marcha del sol; mas la Meteorología las divide mas bien por los cambios de temperatura. Mui pocos son los meteoristas que tienen en cuenta las divisiones astronómicas.

1042. *Influencia del sol.*—El sol es la causa principal que influye en las variaciones de la temperatura. A medida que este luminar se levanta en el horizonte, el calor aumenta; y disminuye tan luego como se pone. Tambien depende la temperatura del tiempo que permanezca el sol sobre el horizonte. Durante el invierno, el sol emite sus rayos oblicuamente sobre la tierra; y por eso, se experimenta menos calor que en el verano, cuando sus rayos son aproximadamente perpendiculares. Los matemáticos se han empeñado en vano en deducir las temperaturas de los dias y estaciones por la altura del sol en el horizonte. La dificultad de esta tarea se encuentra en las muchas causas accidentales y locales que hacen variar el resultado.

---

sobre ellos, y cuáles son sus fundamentos? 1041. Qué se entiende por clima, estaciones y climatologia? 1042. Qué influencia ejerce el sol en la temperatura? 1043. Có-

1043. *Temperatura media.*—La temperatura media del dia se obtiene comunmente observando un buen termómetro a ciertas horas dadas del dia, y dividiendo respectivamente la suma de estas temperaturas por el número de observaciones. La mas baja temperatura del dia ocurre poco ántes de levantarse el sol, y la mas alta pocas horas ántes de mediodía. Tomando la temperatura media diaria durante el año, se obtiene la temperatura media anual.

1044. *Variacion de temperatura con la latitud.*—La temperatura media anual de la atmósfera disminuye del ecuador acia los polos. Con todo, no es igual la temperatura para todos los lugares en la misma latitud de un hemisferio, como se advierte en la siguiente tabla:—

Lugares.	Latitud.	Temp.	Lugares.	Latitud.	Temp.
Islas de Falkland	51° S.	47°.23	Londres	51° 31′ N.	50°.72
Buenos Aires ...	34° 36′ S.	62°. 6	Savannah ...	32° 05′ N.	64°.58
Rio Janeiro.....	22° 56′ S.	73°.96	Calcuta	22° 35′ N.	78°.44

Esta variacion es debida a una multitud de causas locales, como la elevacion y forma de la tierra, proximidad a grandes masas de agua, la direccion general de los vientos, etc.

1045. *Variacion de temperatura con la elevacion.*—La temperatura del aire disminuye con la altura. Por regla general, se puede decir que hai una disminucion de 1° F. por cada 343 pies de elevacion. Partiendo de cerca del nivel del mar, es mas rápida la disminucion proporcional: despues que ha llegado a una cierta altura, procede mas lentamente; pero en las regiones mui elevadas, vuelve a subir de nuevo.

1046. *Límite de la nieve perpetua.*—Se deduce de lo que precede, que en toda latitud debe haber un punto, a una cierta elevacion, donde una vez helada la humedad ha de quedar en este estado para siempre. El punto mas bajo

mo se obtiene la temperatura media del dia y del año? 1044. Cómo y en qué grado influye la latitud en la temperatura? 1045. En qué proporcion influye la elevacion

a que se observa un tal resultado, se llama el límite de la nieve perpetua, o línea de la nieve. El punto mas alto está cerca del ecuador, y la altura del límite va decreciendo acia uno y otro polo, como se ve en la tabla de abajo.

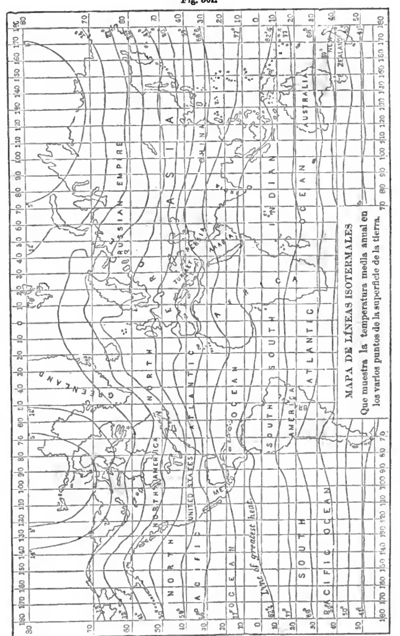
Lugares.	Latitud.	Líneas de nieve.
Estrecho de Magallanes	54° S.	3,760 pies.
Chile..........................	41° S.	6,009 "
Quito..........................	00°	15,807 "
Méjico.........................	19° N.	14,763 "
Etna...........................	37° 30′ N.	9,531 "
Kamtschatka....................	56° 40′ N.	5,248 "

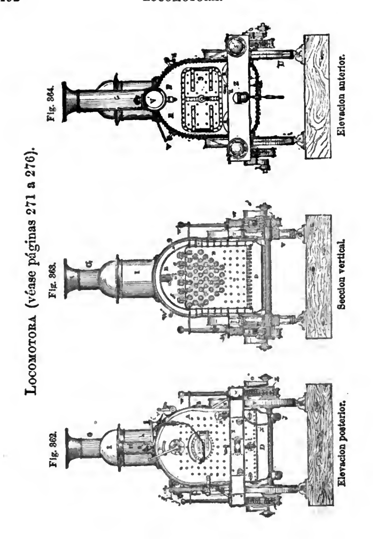
1047. LÍNEAS ISOTERMALES.—Uniendo por medio de líneas todos los puntos que tienen una misma temperatura media, se obtiene una série de curvas, que Humboldt redujo primero a mapas, y que él denominó *líneas isotermas*, o *isotermales* (del griego *isos*, igual, y *thermos*, calor). La latitud y longitud son las condiciones principales que determinan la temperatura de cualquier punto sobre la tierra, pero la influencia de estas condiciones es modificada notablemente por numerosas influencias accidentales y locales; y de aquí nace que las líneas isotermales presentan numerosas sinuosidades, en vez de pasar alrededor de la tierra paralelamente a cualquier grado de latitud. La introduccion de estas líneas isotermas forma una época importante en la ciencia meteorológica, pues por medio de ellas se ha establecido las grandes leyes de la distribucion del calor sobre la superficie de la tierra para las cuatro estaciones. A continuacion presentamos una carta (fig. 361) de líneas isotermales segun las últimas y mas correctas observaciones.

---

en la temperatura? 1046. Cuál es el límite o línea de la nieve perpetua? 1047. Qué son líneas isotermales y en qué se fundan? Quién las redujo primero a sistema?

Fig. 861.


MAPA DE LÍNEAS ISOTERMALES
Que muestra la temperatura media anual en los varios puntos de la superficie de la tierra.
RUSSIAN EMPIRE
ASIA
CHINA
PERSIA
ARABIA
TURKEY
RUSSIA
EUROPE
AFRICA
INDIAN OCEAN
AUSTRALIA
NEW ZEALAND
GREENLAND
NORTH AMERICA
UNITED STATES
MEXICO
NORTH ATLANTIC OCEAN
SOUTH ATLANTIC OCEAN
SOUTH AMERICA
NORTH PACIFIC OCEAN
SOUTH PACIFIC OCEAN
Line of greatest heat.



LOCOMOTORA (véase páginas 271 á 276).

Fig. 362. Elevacion posterior.

Fig. 363. Seccion vertical.

Fig. 364. Elevacion anterior.

INDICE ALFABÉTICO.

[LOS NÚMEROS REFIEREN A LAS PÁGINAS Y NO A LOS PÁRRAFOS.]

B.

D.

Q.

R.

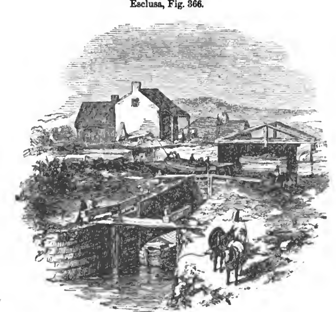
S.

T.

U.

V.

Esclusa, Fig. 366.



CATÁLOGO

DE

Libros Nuevos para los Maestros

PUBLICADOS EN ESPAÑOL

POR

D. APPLETON Y CA.,

LIBREROS-EDITORES,

1, 3, Y 5 BOND STREET,

Nueva York.

EN VÍA DE PUBLICACIÓN.

LA EDUCACIÓN,

POR

SPENCER.

LA EDUCACIÓN COMO CIENCIA,

POR

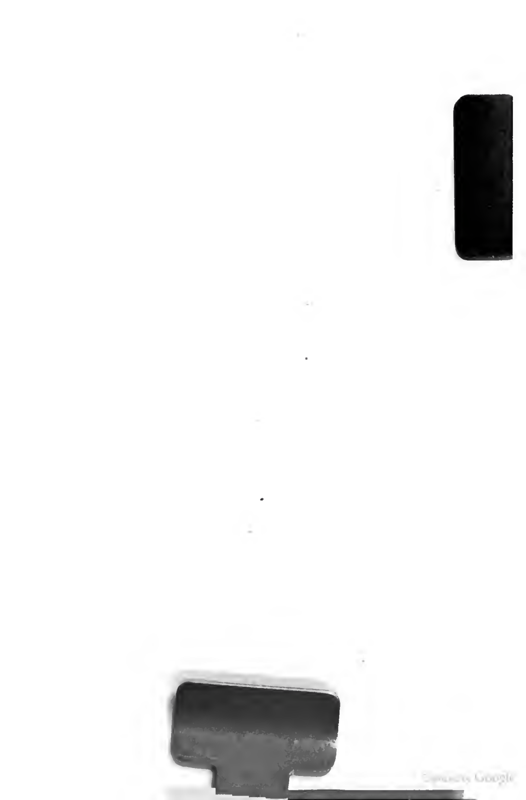
BAIN.

EL INGLÉS AL ALCANCE DE LOS NIÑOS,

SEGÚN EL SISTEMA DE

ROBERTSON.

D. APPLETON y CA.,
1, 3, y 5 Bond Street, Nueva York.




UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 068025417